

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет
Факультет механізації сільського господарства

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідуючий кафедри ПОПХВ,
д.т.н., проф.
_____ І.П.Паламарчук
“_____” _____ 2016 р.

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи за спеціальністю
8.05050313 – «Обладнання переробних та харчових виробництв»
на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ
ВИГОТОВЛЕННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ В ПРОЦЕСІ
ПРЕСУВАННЯ»

Виконав: студент групи 61МПмаг
Горбань Олександр Іванович
Науковий керівник:
к.т.н. проф. Бандура В.М.

2016

ЗМІСТ

Анотація.....	6
Вступ	7
1. Характеристика олійної галузі.....	9
1.1 Аналіз стану виробництва соняшникової олії в Україні.....	9
1.2 Аналіз стану виробництва соняшникової олії у Вінницькій області.....	14
1.3 Основні методи й технологічні схеми виробництва соняшникової олії....	16
2. Технологічні аспекти пресового способу виробництва соняшникової олії	19
2.1 Очищення насіння від домішок.....	19
2.1.1 Основні принципи та техніка для очищення олійного насіння від домішок.....	20
2.2 Кондиціонування насіння за вологістю.....	26
2.2.1 Основні методи й технологічні режими сушіння.....	27
2.3 Обрушування насіння та відділення оболонки від ядра.....	29
2.4 Подрібнення олійного насіння або ядра.....	37
2.4.1 Технологія та техніка подрібнення насіння та ядра соняшнику.....	39
2.5 Приготування мезги.....	42
2.5.1 Основні вимоги до властивостей мезги та фактори, що впливають на її якість.....	45
2.5.2 Вплив води у процесі приготування мезги.....	47
2.5.3 Вплив тепла у процесі приготування мезги.....	50
2.5.4 Вплив пари у процесі приготування мезги.....	53
2.5.5 Техніка для приготування мезги.....	55
2.6 Видалення олії пресуванням.....	57
2.6.1 Фактори, що впливають на повноту видалення олії та продуктивність преса.....	59
2.6.2 Вплив тиску на процес відтискання у пресі.....	63
2.6.3 Ступінь стиснення теоретична й дійсна та зміна об'єму пресованого матеріалу.....	64

2.6.4 Вплив температури на процес відтискання у пресі.....	66
2.6.5 Тривалість пресування.....	67
2.6.6 Техніка для видалення соняшникової олії методом пресування.....	69
2.7 Первинне очищення олії.....	71
2.7.1 Домішки та речовини, супутні олії.....	71
2.7.2 Технологія та техніка первинного очищення олії.....	73
3. Програма і методика експериментальних досліджень.....	77
3.1 Підготовка досліджень.....	77
3.2 Програма досліджень.....	79
3.3 Вихідні компоненти для проведення досліджень.....	82
3.4 Обладнання та методи проведення експериментальних досліджень.....	83
3.5 Результати експериментальних досліджень процесу відтискання соняшникової олії. Визначення оптимальних значень досліджуваних технологічних аспектів.....	94
Загальні висновки.....	95
Список літератури.....	96

АНОТАЦІЯ

Горбань О.І. Дослідження технологічних аспектів виготовлення соняшникової олії в процесі пресування /(Магістерська робота.–Вінниця: ВНАУ,2016.–105с.)

Робота спрямована на обґрунтування режимів процесу пресування насіння соняшнику під час виготовлення олії. Для цього надано характеристику олійної галузі; описано технологічні аспекти пресового способу виробництва соняшникової олії; програму і методику експериментальних досліджень;аналіз результатів досліджень та розробку проектних рішень. Зроблено висновки та пропозиції підприємству, складено список використаної літератури.

Ключові слова: насіння, соняшник, прес, режим, дослідження, аналіз.

ANNOTATION

Gorban O.I. The investigation of technological aspects of the production of sunflower oil in the process of pressing (Master's work.- Vinnytsia; VNAU, 2016.- 105p.)

The work is directed to the motivation of regimes of the pressing process of sunflower seeds in the process of production of sunflower oil. The characteristic of oil field is introduced in the work; the technological aspects of the pressing method of the production of sunflower oil, the program and methods of experimental investigations, the analysis of the research results and design of projected decisions are described in the work. Some conclusions and motions to the enterprise are made, the list of used literature is composed.

Key words: seeds, sunflower, press, regimen, investigation, analysis.

ВСТУП

Актуальність теми. Ще за прадавніх часів люди намагались знайти шляхи подовження терміну придатності харчових продуктів до споживання, навчитись зберігати їх поживні та естетичні якості. З плином часу люди винайшли багато способів зберігання продукції рослинництва й тваринництва, та зрозуміли також, що первинну сільськогосподарську продукцію для цього необхідно додатково обробляти та переробляти. Поволі ці знання стали накопичуватися та систематизуватися й таким чином виникла ціла наука «Про зберігання та переробку сільськогосподарської продукції».

Зберігання та переробка сільськогосподарської продукції – провідна галузь, найважливіше джерело продовольчих ресурсів людства, основа його існування. Зберігання і раціональне використання всього вирощеного врожаю, одержання із сировини максимуму виробів є однією з головних державних задач.

Основним завданням зберігання і переробки як науки є: розробка науково обґрунтованих способів і прийомів зберігання продукції без втрат в масі або з мінімальними втратами, без погіршення їх якості; поліпшення якості продукції; зменшення затрат праці і засобів на одиницю маси продукції з найкращим збереженням їх кількості. Складність зберігання та переробки сільськогосподарської продукції обумовлена перш за все її фізіологічними і фізико-хімічними властивостями. Вона являє собою неоднорідний живий організм, в якому проходять різноманітні життєві процеси, інтенсивність яких залежить від умов навколишнього середовища. Якщо вони сприяють активному обміну речовин в клітинах організму, то це, безперечно, спричинить значні втрати в масі і буде супроводжуватись погіршенням якості. Виходячи з природи продуктів, що зберігаються та переробляються і можливих при цьому втрат, виникає необхідність вивчення впливу дії різних факторів на реалізацію процесів зберігання та переробки

цих продуктів. Це завдання можна успішно вирішити, застосовуючи сукупність відповідних теоретичних та експериментальних методів дослідження.

Одним з основних видів сільськогосподарської продукції, що вирощується в Україні вже традиційно є насіння соняшнику й олія, яка з нього видобувається. Об'єми виробництва та експорту цих видів продукції ставлять нашу країну у трійку світових лідерів. Тому принциповим є дослідження питання зберігання та переробки саме цього виду продукції.

Метою досліджень магістерської дипломної роботи є: визначення впливу основних технологічних аспектів пресового способу виробництва соняшникової олії на величину виходу олії і визначення оптимальних режимів роботи лінії.

Завдання, які необхідно для цього виконати:

- 1) Провести теоретичний огляд технологічних аспектів виробництва соняшникової олії пресовим способом;
- 2) Провести аналіз роботи обладнання виробничої лінії підприємства, з метою визначення можливих недоліків у режимах його роботи;
- 3) Виконати роботи по плануванню, підготовці й проведенню експериментальних досліджень;
- 4) Провести аналіз одержаних в результаті експериментальних досліджень даних;
- 5) Розробити практичні рекомендації по впровадженню теоретично та експериментально обґрунтованих режимів роботи машин і обладнання у виробничій лінії.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОЛІЙНОЇ ГАЛУЗІ

1.1 Аналіз стану виробництва соняшникової олії в Україні

Олійно-жирова галузь є стратегічно важливою для економіки України, адже на сьогодні наша держава з часткою 65 % посідає перше місце на світовому ринку соняшникової олії. За даними асоціації «Укроліяпром» близько 30 % експорту продукції аграрного виробництва припадає саме на олію; щорічно доходи від продажу продукту за кордон складають 2...2,5 млрд. дол. США; в олійно-жировій галузі зайнято 50 тис. чол. В галузі посилюється диспаритет між наявними переробними потужностями, які станом на 1.01.2015 р. становили 15 231,8 тис. т переробки насіння олійних культур в рік, і сировинною базою, яка з урожайністю соняшника на рівні 19–20 ц/га, становить 10–11 млн. т в рік.

Сьогодні олійно-жировий комплекс України є єдиним сектором аграрного виробництва, де, завдяки запровадженню економічних заходів регулювання ринку, встановлено баланс економічних інтересів держави, сільськогосподарської та переробної сфер виробництва та внутрішнього споживача. Олійно-жирове виробництво відноситься до бюджетоформуючих галузей аграрного сектора з потужним експортним потенціалом, яка динамічно розвивається.

Олійно-жирова промисловість – це складна галузь харчової індустрії, що складається з взаємопов'язаних виробництв олії, жирів, харчового масла. Олійно-жирова промисловість використовує насіння олійних культур – соняшнику, льону, бавовнику, сої, гірчиці, арахісу, ріпаку, коноплі тощо як вихідну сировину.

Соняшникова олія - це єдиний вітчизняний харчовий продукт, який експортується у 90 країн світу, в тому числі до Європейського Союзу, країн Близького Сходу, Азії, Африки та інших. У шести українських портах побудовано вісім терміналів, що дозволяють експортувати олію морським

шляхом. Україна виробляє чверть світового об'єму олії і займає половину світового експорту. Технічні можливості українських підприємств дозволяють переробляти 13 млн тонн насіння соняшнику в рік.

Основною культурою залишається соняшник, частка якого в загальному обсязі виробництва олійних досягає 90%, а також використовується насіння сої, ріпаку та інших культур. Оскільки існує постійний стійкий попит на нерафіновану олію з боку світового ринку та усередині країни, виробники олії конкурують переважно на ринку сировини – насіння соняшника. Соєва олія в останні роки має тенденцію до збільшення. Вирощування ріпаку та сої менше виснажує ґрунти, саме тому вони пропонуються Міністерством агрополітики України як альтернативу соняшнику.

Найбільш великими виробниками олії соняшникової нерафінованої в Україні є: ЗАТ «АО Каргілл», ДК «Кернел», холдинг «Олеїдз-Україна», ЗАТ «Пологівський ОЕЗ», ЗАТ «Дніпропетровський ОЕЗ», ЗАТ «Запорізький ОЖК».

Найкрупніші компанії-виробники нерафінованої соняшникової олії ЗАТ «АТ Каргілл», ДП «Кернел» та холдинг «Олеїдз-Україна», які мають у своєму складі декілька підприємств, зосередили в себе більш 40% виробництва.

Таблиця 1.1 – Виробництво нерафінованої соняшникової олії найбільш великими виробниками України у 2015-2016 рр., тис. тон

Найменування підприємства	Квітень 2014 р.	Травень 2015 р.	Травень 2016 р.	2015/16 МР (вер.- тр.)	2014/15 МР (вер.- тр.)
ВАТ "Комбінат Каргілл", м. Донецьк	20,70	23,09	0,00	194,53	145,01
ЗАТ "АТ Каргілл" Каховський філіал, Херсонська обл.	16,12	17,41	0,00	144,10	88,33
ЗАТ "Приколотнянський ОЕЗ", Харківська обл.	6,24	6,71	6,61	57,10	57,31
ЗАТ "Волчанський ОЕЗ", Харківська обл.	13,10	13,84	12,49	105,06	90,20

Продовження табл.1.1.

ЗАТ "Полтавський ОЕЗ - Кернел Групп", м. Полтава	10,50	10,68	10,62	84,53	85,86
ВАТ "Кіровоградолія", м. Кіровоград	16,82	17,62	17,79	140,49	139,52
ТОВ "Екотранс", м. Миколаїв	5,27	5,59	0,00	44,14	20,47
ВАТ "Пологівський ОЕЗ", Запорізька обл.	19,20	14,18	10,15	159,44	83,22
ЗАТ з ЗІ "Дніпропетровський ОЕЗ", м. Дніпропетровськ	16,01	16,47	14,58	128,59	129,15
ВАТ "Вінницький ОЖК", м. Вінниця	8,01	8,89	4,20	66,90	63,45
ВАТ "Черновецький ОЖК", м. Чернівці	5,04	4,82	0,00	33,56	22,93
ЗАТ "Миронівський хлібопродукт", Київська обл.	10,34	10,32	7,22	85,98	72,74
ЗАТ "Запорізький ОЖК", м. Запоріжжя	8,99	10,26	9,20	83,92	87,75
ЗАТ "Слав'янськолія", Донецька обл.	10,06	10,00	4,13	75,27	76,84
ВАТ "Українська Чорноморська Індустрія", Одеська обл.	13,38	13,30	0,00	73,32	4,27
ТОВ "Пересечанський ОЕЗ", Харківська обл.	7,05	7,78	2,82	63,86	53,13
ТОВ "Одеський ОЕЗ", м. Одеса	7,38	8,78	2,78	59,88	60,42
ЗАТ "Ілічевський ОЕЗ", Одеська обл.	6,95	6,39	0,00	52,29	41,83
ЗАТ "Сватовська олія", Луганська обл.	4,92	4,94	1,80	40,34	25,81
ЗАТ "МЗРМ "Стрілецький степ", Луганська обл.	3,96	2,91	0,00	32,01	23,99
ВАТ "Мелітопольський ОЕЗ", Запорізька обл.	3,19	2,94	1,37	26,43	22,77

Продовження табл.1.1.

ЗАТ "Троїцький ОПЗ", Луганська обл.	3,07	3,05	0,00	25,71	20,16
ПГ "Креатив", Кіровоградська обл.	2,34	2,74	2,38	22,15	20,05
ВАТ "Біол Універсал Україна", Одеська обл.	2,49	3,51	0,00	19,87	12,26
ТОВ "Відродження", Кіровоградська обл.	2,76	2,88	0,00	16,48	4,26
ТОВ "Наша Олія", м. Харків	0,72	0,89	0,62	5,88	4,89
ЗАТ "Зинківський кобикормовий	0,51	0,72	0,00	5,17	4,10

завод", Полтавська обл					
Інші	13,62	10,22	1,59	74,02	37,91
УСЬОГО	238,56	242,48	110,66	1930,30	1508,77

Джерело: Дані асоціації «Оліяпром»

Виробництво рафінованої соняшникової олії в цілому по Україні за 5 місяців 2016 року зменшилось на 37,6 тис. тон у порівнянні з відповідним періодом 2015 року, або на 17,6%.

Таблиця 1.2 – Основні виробники рафінованої соняшникової олії в Україні у 2014-2015 рр., тис. тон

Найменування підприємства	квітень 2014 р.	травень 2015 р.	травень 2016 р.	2015/16 МР (вер.- тр.)	2014/15 МР (вер.- тр.)
ЗАТ "Приклотнянський ОЕЗ", Харківська обл.	3,02	3,23	4,44	48,06	54,63
ЗАТ "Полтавський ОЕЗ - Кернел Групп", м. Полтава	2,28	4,33	4,80	41,65	41,33
ЗАТ з ЗІ "Дніпропетровський ОЕЗ", м. Дніпропетровськ	7,09	4,77	15,02	77,44	127,53

Продовження табл.1.2.

ЗАТ "Запорізький ОЖК", м. Запоріжжя	4,78	5,39	2,86	43,93	31,73
ВАТ "Олійножировий Альянс", м. Київ	3,26	3,53	0,00	25,87	0,00
ПГ "Креатив", Кіровоградська обл.	3,31	4,07	1,19	33,96	22,71
ЗАТ "Пологівський ОЕЗ", Запорізька обл.	2,73	1,90	3,02	25,60	23,92
ПП "Оліяр", Львівська обл.	3,23	2,70	2,53	22,95	13,35
ЗАТ "Чумак", Херсонська обл.	2,46	1,24	1,35	17,18	12,96
ДП "Нововолинський ОЖК", Волинська обл.	1,60	1,31	2,55	16,67	20,60
ВАТ "Вінницький ОЖК", м. Вінниця	1,63	1,62	0,44	11,84	2,75
ВАТ "Черновицький ОЖК", м. Чернівці	0,86	0,54	0,15	5,80	2,38
ТОВ "Сумський завод продтоварів", Сумська обл.	1,33	1,01	0,78	12,08	9,43
ВАТ "Одеський ОЖК", м. Одеса	0,96	0,62	0,48	10,72	9,69

ЗАТ "МЗРМ "Стрілецький степ", Луганська обл.	1,69	1,09	0,00	11,10	2,46
Група Олком "ЗАТ "Київський ОЗ", м. Київ	1,16	0,32	0,00	9,09	1,42
ТОВ "Екобіотек-Україні", м. Херсон	0,22	0,20	0,00	2,25	1,11
ТОВ "Радема", м. Рівне	0,20	0,30	0,19	1,79	0,39
ТОВ "Авіс", м. Вінниця	0,02	0,00	0,26	0,70	2,62
ТОВ "Дергачівський ЖК" Харківська	0,04	0,03	0,04	0,53	0,44

Продовження табл.1.2.

ТОВ "Дружковська фабрика", Донецька обл.	0,00	0,00	0,06	0,32	0,65
ВАТ "Запоріжсталь", м. Запоріжжя	0,00	0,00	0,06	0,16	0,29
ЗАТ "Славянськолія", м. Донецьк	0,00	0,00	0,00	0,00	4,27
ТОВ "Чугуєв продукт", Харківська обл.	0,00	0,00	0,00	0,00	13,72
Зат "Агротон", Луганська обл.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71
ТОВ "Оілтрейд", Запорізька обл.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78
Інші	1,01	0,72	0,45	11,02	6,66
УСЬОГО	42,87	38,92	40,67	430,69	406,03

Джерело: Дані асоціації «Оліяпром»

Україна є одним з основних постачальників соняшникової олії на світовий ринок. Зниження врожаю соняшнику у Аргентині у сезоні 2014/15 призвело до різкого зниження темпів експорту олії з країни. Частка Аргентини знизилась до 26% у порівнянні з 42% у сезоні – 2013/14. Цим добре скористалась Україна, яка у цьому сезоні поставила на світовий ринок більше 53% усього світового експорту соняшникової олії.

У новому сезоні потенціал України знизиться, й частка складе 40%. Однак, не дивлячись на зниження, вже зараз зрозуміло, що Україна залишиться найкрупнішим постачальником соняшникової олії на світовий ринок й утримає перше місце у рейтингу експортерів олії.

1.2 Аналіз стану виробництва соняшникової олії у Вінницькій області

Сучасну територіальну структуру олійно-жирової промисловості Вінницької області формують провідні заводи та комбінати, які спеціалізуються на переробці олійно-жирових культур (соняшнику, ріпаку, сої) та виробництві олійно-жирової продукції. Переробні підприємства Вінницької області мають достатні виробничі потужності для переробки всього насіння соняшника, зібраного в області. Тільки в I півріччі на підприємствах промисловості прийнято в експлуатацію потужності з виробництва олії та жирів рафінованих на 165,0 тис.т. [1]. Аналізуючи олійно-жирову промисловість, потрібно зазначити, що вона має чимало сильних сторін. По-перше, це висока прибутковість, адже підприємства даної галузі за умов вдалого господарювання можуть мати до 80% рентабельності. Також до сильних сторін олійно-жирових підприємств ми віднесли розвинуту інфраструктуру та логістику, яку мають підприємства, зокрема, власні елеватори, автопарк, заготівельні та торговельні підприємства та ін. Основу формування ефективності виробництва продукції олійно-жирової промисловості становлять насамперед його результати.

Але так було не завжди: до 1999 року Україна була імпортером соняшникової олії. Після прийняття закону, що встановив експортні мита на вивіз насіння соняшнику, ситуація змінилася. Обмеження для вивезення сировини стало стимулом розвитку переробної галузі всередині країни.

На Вінниччині лідером галузі є ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат», який будувався в період з 1954 по 1993 роки. Реанімоване після банкрутства підприємство стрімко набрало обертів і сьогодні, в складі промислової групи ВіОіл, експортує 4% світових обсягів соняшникової олії.

Комбінат виробляє понад 40 найменувань продукції, переробляє насіння олійних культур, виробляє нерафіновані і рафіновані дезодоровані рослинні олії, кондитерські і кулінарні жири тощо. Близько 80% продукції комбінату вінничани знають під торговою маркою «Віолія».

ПАТ «Вінницький олійножировий комбінат» акцентує свою роботу на випуску якісної та конкурентоспроможної продукції, що відповідає сучасним

вимогам якості та безпеки. Високі показники вінницький «олієжир» демонструє на провідних дегустаційних конкурсах України та Росії. Продукція комбіату має попит серед споживачів тож підприємство поступово збільшує обсяги виробництва та вводить в дію нові виробничі потужності. Приміром, нещодавно було введено в дію новий олійноекстракційний завод, що дало можливість значно збільшити переробку олійних культур. Як результат в минулому році «Вінницький олійножировий комбінат» переробив рекордну кількість соняшнику – близько 350 тисяч тонн, а це майже 157 тис.тонн олії. На сьогодні добова виробнича потужність підприємства по переробці насіння соняшнику становить 1 200 тонн на добу.

Вінницький олієекстракційний завод має два потужних заводи. Другий завод введений в 2013 році. Перший завод працює багато років. Переробка відбувається за допомогою методів пресування і екстракції. Є можливість переробляти ріпак і сою.

1.3 Основні методи й технологічні схеми виробництва соняшникової олії

У світовій практиці виробництва соняшникової олії сьогодні існують два принципово різних способи видалення олії з оліємісної сировини: механічне відтискання олії, що називається методом пресування, й розчинення олії у легколетких органічних розчинниках, або метод екстракції. Ці два методи використовуються у технології виробництва соняшникової олії або самостійно, окремо, або у певному сполученні один з одним, що визначається, як правило, видом та якістю перероблюваної олійної сировини. Видалення олії виконується по різних технологічним схемам з використанням різних технологічних режимів.

Технологічною схемою зазвичай називають певне співвідношення технологічних операцій, виконуваних у відповідній послідовності.

Під технологічним режимом розуміється співвідношення факторів часу, температури й вологості, при яких проводиться дана операція, режиму роботи відповідних машин та апаратів, з допомогою яких вона виконується, а також ступеню зміни стану та властивостей оброблюваного матеріалу.

Серед окремих процесів, що протікають при виконанні тієї чи іншої технологічної операції, можна умовно виділити процеси основні й побічні, причому часто оказують суттєвий вплив на весь хід й кінцевий ефект операції. Наприклад, при відтисканні олії основними процесами є механічні й супутні ним гідродинамічні (витікання олії), але вони супроводжуються побічним процесом виділення тепла внаслідок перетворення механічної енергії, яка витрачається на подолання сил тертя, у енергію теплову.

У технологічних схемах переробки олійного насіння, що виконується з відокремленням їх оболонки від ядра, розрізняють операції підготовчі, основні, допоміжні й додаткові. До підготовчих операцій відносять очищення насіння від домішок, його сушіння й звільнення ядра від оболонки. Основні операції включають подрібнення ядра, волого-теплову обробку подрібненого продукту – м'ятки – й власне видалення олії шляхом відтискання або екстракції розчинником. Характерною особливістю перших двох операцій є зміна структури матеріалу, локалізація в ньому олії й зменшення зв'язаності олії з нежировою частиною з метою більш легкого й повного видалення олії під час проведення завершальної основної операції. До допоміжних операцій відносяться такі операції олієекстракційного виробництва, як відділення розчинника від знежиреного залишку – шроту – й одержання готового продукту – олії з його розчину – міцели. Допоміжними операціями також є процеси регенерації й рекуперації розчинника, тобто виділення його з сумішей з водяною парою й повітрям й повернення у виробництво для повторного використання.

Сукупність усіх перелічених операцій: підготовчих, основних, допоміжних й додаткових – складає технологічну схему виробництва соняшникової олії.

У відповідності з наявністю двох принципово різних методів одержання соняшникової олії технологічні схеми переробки соняшникового насіння поділяються на дві основні групи: схеми, які завершуються пресуванням, й схеми, які завершуються екстракцією. У свою чергу кожна з цих груп схем має різні варіанти, що відрізняються наявністю або відсутністю попереднього відділення олії з відповідним чином підготовленої олійної сировини.

У сучасній практиці виробництва соняшникової олії як в Україні, так і за її межами використовуються наступні технологічні схеми:

1. Схеми, що завершуються пресуванням:

однократне пресування на шнекових пресах;

двократне пресування на шнекових пресах з попереднім та остаточним відтисканням олії;

трикратне пресування з двома попередніми й одним остаточним ступенями відтискання олії.

2. Схеми, що завершуються екстракцією:

пряма екстракція без попереднього відтискання олії;

екстракція з однократним попереднім відтисканням олії на шнекових пресах;

екстракція з двократним попереднім відтисканням олії.

Серед схем 1-ї групи найбільш розповсюджена схема двократного пресування, а серед схем 2-ї групи – схема з однократним попереднім пресуванням, яка одержала найменування схеми «форпресування – екстракція».

Висновки

У першому розділі дипломної роботи було проведено аналіз виробництва соняшникової олії в Україні та Вінницькій області. Проведено огляд основних існуючих методів і технологічних схем виробництва соняшникової олії. Підкреслено, що традиційно значною частиною населення України споживається соняшникова олія первинного очищення, яка

виробляється у більшості випадків сільськими переробними підприємствами малої продуктивності із застосуванням пресового методу виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРЕСОВОГО СПОСОБУ ВИРОБНИЦТВА СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

2.1 Очищення насіння від домішок

Насіння олійних культур, яке потрапляє на переробку являє собою, як правило, неоднорідну зернову масу, а суміш, що складається з насіння основної культури й різноманітних домішок. Всі домішки у насінні поділяються на [4] смітні (мінеральні та органічні), олійні та металеві.

Для насіння соняшнику до смітних домішок відносять: прохід крізь сито з отворами діаметром 3мм; у залишку на ситі мінеральні домішки (грудочки землі, гальки, піску й т. ін.), органічні домішки (залишки стебел, листя, оболонки насіння й т. ін.), пошкоджене насіння (з явно зіпсованим ядром чорного кольору), насіння усіх інших дикорослих та культурних рослин; пусте насіння – без ядра.

До олійних домішок відноситься насіння основної культури, обрушені повністю або частково, поїдене шкідниками, бите, давлене, зіпсоване самозігріванням або сушкою, заплесневіле; недозріле, недорозвинуте, щупле; проросле, із явними ознаками проростання.

Засміченість насіння, що потрапляє безпосередньо до виробництва, негативно впливає на якість продукції, підвищує втрати олії, збільшує зношеність та кількість несправностей машин та апаратів, зменшує їх продуктивність й створює антисанітарні умови праці.

Мінеральні домішки прискорюють зношення сит, валків, ножів та днищ жаровень. Потрапляючи до макухи, мінеральне сміття знижує вміст у ньому протеїну, збільшує зольність та зменшує його кормову цінність. Поглинаючи олію, мінеральне сміття підвищує олійність макухи й втрати олії з нею. Потрапляючи до олії, мінеральні домішки можуть надавати їй специфічний землістий смак. В кінці кінців, наявність мінеральних домішок

сприяє розвитку у олії мікроорганізмів, що можуть викликати прогірчення її. Окрім того пил, який виділяється у підготовчому відділенні олійниці створює важкі умови праці.

Органічні домішки, які являють собою в основному клітковину, погіршують якість макухи як кормового продукту. Поглинаючи олію, ці домішки також підвищують втрати олії з макухою.

Олійні домішки, складені з зіпсованого насіння перероблюваної культури та насіння олійних рослин, в основному погіршують якість готової продукції – олії. Великий вміст зіпсованого насіння робить олію непридатною до їжі через високу кислотність та затхлість смаку.

Металічні (феромагнітні) домішки за розмірами та формою дуже різні: від найдрібнішого пилу до шматків, які значно перевищують розміри насіння. Металічний пил часто утворюється в результаті зношення робочих частин машин. Більш крупні металеві часточки потрапляють до насіння при збиранні врожаю й транспортуванні. Потрапляючи до машин, металеві домішки псують їх робочі органи, пришвидшують знос деталей, які швидко обертаються й інколи викликають аварії. При потраплянні шматків металу у робочий простір насіннерушки можуть виникати іскри, що створює пожежну небезпеку. Потраплення металевих домішок до макухи робить її непридатною для використання в якості корму тваринам.

2.1.1 Основні принципи та техніка для очищення олійного насіння від домішок

Очищення насіння від домішок ґрунтується на відмінності основних фізичних властивостей насіння олійної культури й супутніх домішок. Домішки можуть відрізнятись від насіння за розмірами та формою, щільністю, аеродинамічними та магнітними властивостями. У відповідності з цим для очищення насіння від домішок застосовується різне технологічне обладнання з використанням різних принципів очищення.

Основними методами очищення олійного насіння від домішок є [4] наступні:

1) очищення насіння від домішок, основане на розділенні суміші насіння та сміття за величиною та формою компонентів, що її складають. Таке очищення виконується шляхом просіювання засміченого насіння крізь сита з різною величиною та формою отворів;

2) очищення насіння, основане на відмінності аеродинамічних властивостей насіння основної культури та домішок. Для такого очищення використовуються машини, робота яких основана на принципі сепарації насіннєвої маси у повітряному потоці;

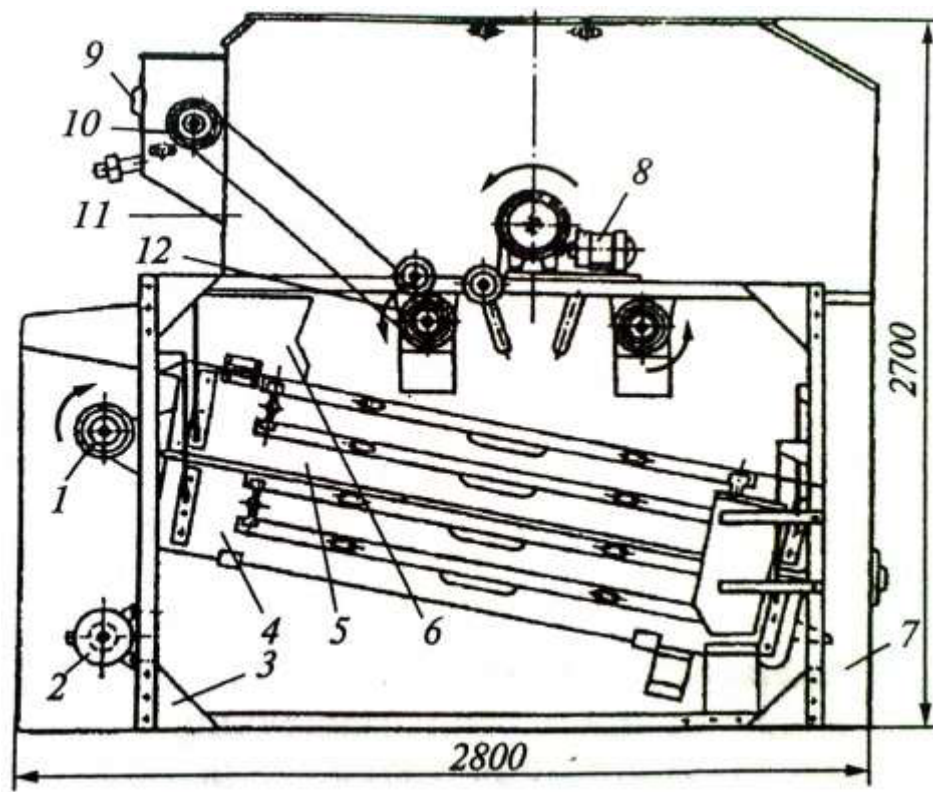
3) очищення насіння від домішок механічними впливами з використанням методу удару та тертя;

4) очищення насіння від металевих (феромагнітних) домішок, основане на відмінності їх магнітних властивостей.

Для більш ретельного очищення насіння від сторонніх домішок у більшості очисних машин комбінуються різні методи очищення. Серед машин для очищення насіння від смітних домішок з використанням декількох методів очищення широко використовуються сепаратори ЗСМ-5 (рис. 2.1) [5].

Сепаратор складається зі станини 3, верхнього 5 та нижнього 4 ситових кузовів, приймальної 9 та аспіраційної 11 камер, вентиляторів з приводом, електродвигуна 8, пневмосепаруючого каналу 7 з магнітним захистом. Ситові кузови машини мають три ряди висуваних ситових рамок. Сита першого ряду – сортувальні, другого – розвантажувальні, третього – підсівні.

Ситові кузови приводяться до руху ексцентриковим коливачем 1 від електродвигуна 2 через клинопасову передачу. Для врівноваження сил інерції коливальних мас ексцентриковий коливач обладнаний двома шківками з противагами.



1 – ексцентрикний коливач, 2 – електродвигун, 3 – станина, 4 – нижній ситовий кузов, 5 – верхній ситовий кузов, 6 – приймальна коробка, 7 – пневмосепаруючий канал, 8 – електродвигун, 9 – приймальна камера, 10 – розподільчий шнек, 11 – аспіраційна камера, 12 – шнек для видалення домішок.

Рис. 2.1– Сепаратор ЗСМ-5

Сита очищуються інерційним очисними механізмами. Ступінь притискання очисника до решета регулюють підйомом плоскої пружини.

На верхньому кузові змонтована приймальна камера, що має рамку з приймальним ситом. У приймальній камері 9 встановлений розподільчий шнек 10 для рівномірного розподілення насіння по усій ширині камери. На станині встановлена аспіраційна камера з двома вентиляторами, що входними отворами приєднані до всмоктувальних повітроводів аспіраційної камери, а вихідними – до фільтра.

Всередині аспіраційної камери є канал першого продування та дві осадкові камери. У задній частині станини знаходиться пневмосепаруючий

канал 7, у якому відтворюється друге продування. Пневмосепаруючий канал, приймальна та аспіраційна камери мають люки для обслуговування та шнеки 12 для видалення дрібних домішок.

Процес очищення насіння у сепараторі відбувається наступним чином. Насіння, що поступає з бункера регульованим потоком, за допомогою похилих скатів розподіляється по усій ширині приймальної камери. Долаючи опір клапана, насіння рівномірним шаром потрапляє у аспіраційний канал першого продування, де відбувається відділення легких домішок, які уносяться повітряним потоком до лотка та виводяться з сепаратора.

Звільнене від легких домішок повітря з першої осадової камери по повітроводу потрапляє до вентилятора першого продування, а з нього – до фільтру. Режим у аспіраційній камері регулюється встановленим у ній клапаном. З каналу першого продування насіння крізь приймальну коробку 6 потрапляє на приймальне сито, сходом з якого йде велике сміття, що видаляється з сепаратора лотком, а проходом насіння спрямовується на сортувальне сито. Сходом з сортувального сита йдуть домішки крупніші за насіння, а проходом насіння потрапляє на розвантажувальне сито, яке за довжиною складається з двох частин: одна – з отворами діаметром 5мм, друга – з отворами діаметром 4мм, що забезпечує більш ефективне відділення домішок.

Сходом з розвантажувального сита йде насіння, що не містить дрібних домішок, яке потім потрапляє до аспіраційного каналу другого продування, а проходом насіння й дрібні домішки потрапляють на підсівне сито. Розподілення насіння по підсівним ситам відбувається подільником щілинного типу. Підсівні сита відділяють від повноцінного насіння дрібне, біте насіння, бур'яни та мінеральні домішки, які збираються на піддонах кузова й по лотку виводиться з нього.

Звільнене від дрібних домішок насіння, що йде сходом з підсівного сита, також потрапляє до аспіраційного каналу другого продування. При цьому легкі домішки по каналу 7 уносяться до другої осадової камери й крізь

пелюсткові клапани по лотку виводяться з сепаратора, а повітря з камери по всмоктую чому повітроводу потрапляє до вентилятора другого продування й далі у циклон. Струмін насіння з каналу другого продування проходить крізь магнітний апарат, вивільняється від металоманітних домішок, й очищене насіння виводиться з сепаратора.

Таблиця 2.1

Технічна характеристика сепаратора ЗСМ-5

Продуктивність, т/год	5
Частота коливань ситового кузова, с ⁻¹	8,3
Амплітуда коливань ситового кузова, мм	6
Кут нахилу сит, град	11
Витрата повітря, м ³ /хв:	
першого продування	0,42
другого продування	0,42
Потужність електродвигуна, кВт	4
Габаритні розміри, мм	2800×1200×2700
Маса, кг	1000

Ефективність технологічного процесу очищення олійного насіння на сепараторах й машинах з просіваючими органами багато в чому залежить від ряду факторів [4], з яких основними є наступні.

1) Величина та рівномірність навантаження. Навантаження на сепаратор не повинно перевищувати меж, вказаних у відповідному типорозмірі, а подача насіння повинна відбуватись рівномірно. Так, товщина шару насіння на підсівному ситі не повинна перевищувати при промисловому очищенні 12-15 мм. При збільшенні товщини шару й, відповідно, навантаження на сепаратор, ступінь очищення значно знижується.

2) Вірний підбір розмірів отворів сит. Сита сепараторів необхідно підбирати в залежності від виду та розмірів насіння, що очищується. Для

насіння соняшнику рекомендовані наступні діаметри отворів сит: приймального – 15...16мм; відсівного (три рамки) – 12, 10 і 8мм; розвантажувально-сортувального (три рамки) – 6, 5 і 5мм; підсівного (три рамки) – 3, 3 і 3мм.

Розміри отворів сит для кожного випадку очищення насіння обираються з урахуванням якісних особливостей партії й необхідного ступеню очищення.

3) Нахил сит. Нахил усіх сит повинен забезпечувати найбільш повний схід великого сміття з приймального та відсівного сит й прохід крізь комірки насіння, а також розділення насіння на розвантажувально-сортувальному ситі та виділення дрібних домішок на підсівному ситі. Для кожного виду олійного насіння існує оптимальний нахил сит, що дає максимальний ефект очищення за існуючої продуктивності. При складському (сировинному) очищенні насіння соняшнику кут нахилу приймального сита повинен складати 6° , розвантажувально-сортувального - 11° , підсівного – $11...14^{\circ}$.

4) Стан поверхні сит. Сита повинні бути добре натягнені на рамки й не повинні мати впадин, де могло б затримуватись сміття. Велике значення має ретельне очищення сит від часточок, що застрягли у їх отворах, так як при засмічуванні зменшується корисна площа просіювання й знижується якість очищення.

5) Ступінь засміченості насіння та їх вологість. Чим вище вміст сміття у насінні й чим менше сміттєві домішки відрізняються за своїми розмірами та формою від насіння, тим нижче ефект очищення. Вологість насіння та сміття також суттєво впливає на процес очищення. При вологості вище 10...11% ступінь очищення знижується.

6) Аспіраційний режим машини. Кількість подаваного повітря та його швидкість повинні забезпечувати аспірацію найбільшої кількості легких домішок з високим коефіцієнтом парусності, але не підхоплювати при цьому насіння. Граничні швидкості повітря, при перевищенні яких можливе підхоплення насіння, складають для насіння соняшнику від 4,3 до 7,7 м/с.

Межі зміни швидкості паріння насіння соняшнику сучасних високоолійних сортів складають від 3,8 до 10 м/с.

2.2 Кондиціювання насіння за вологістю

Серед існуючих методів кондиціювання насіння за вологістю найбільше значення має сушіння. Воно забезпечує швидке зниження вологості насіння до величини, за якої забезпечується безпечне його зберігання. Сушіння є необхідною технологічною операцією при підготовці насіння як до зберігання, так і до переробки, так як ефективність переробки його також знаходиться у прямій залежності від оптимальної вологості.

Свіжозібране насіння соняшнику дуже неоднорідне за вологістю. Збирання насіння соняшнику часто проводиться у період не сприятливих погодних умов, що зумовлює значну вологість зібраного насіння.

Під час зберігання насіння соняшнику із підвищеною вологістю [1] швидко підвищується кислотне число олії у насінні, посилюється інтенсивність біохімічних процесів, особливо дихання як самого насіння, так і мікроорганізмів, що на ньому знаходяться. Інтенсивне дихання викликає подальше підвищення вологості й температури насіння й таким чином пришвидшує їх самозігрівання й псування.

Висушування насіння соняшнику до вологості, що не перевищує 6...7 % [4], надійно забезпечує його якісне та кількісне збереження.

Серед відомих методів підготовки насіння й стабілізації його якості найбільше розповсюдження одержало теплове сушіння у поєднанні з попереднім очищенням від смітних домішок.

Кондиціювання насіння соняшнику за вологістю шляхом термічного сушіння має також велике значення для технології виробництва олії. Оптимальна для переробки вологість насіння соняшнику визначає ефективність таких технологічних процесів, як обрушування, відділення ядра

від лузги, подрібнення ядра, смаження мезги, видалення олії. Теплове сушіння у зв'язку з цим можна вважати вихідною стадією технологічного процесу переробки.

2.2.1 Основні методи й технологічні режими сушіння

Процес сушіння насіння соняшнику полягає у видаленні з нього зайвої вологи із застосуванням різних методів й прийомів, у основу яких покладено, як правило, застосування тепла. У процесі теплового сушіння нагріте повітря або суміш повітря з топковими газами передають тепло насінню й виносять разом із собою утворену водяну пару.

Нагріте повітря або суміш повітря з топковими газами виконують роль не тільки теплоносія, але й вологопоглинач, тому звуться сушильними агентами. Інтенсивність процесу сушіння у більшому ступені залежить від складу й фізичних властивостей агента сушіння. Основними параметрами сушильного агента є ентальпія, вміст вологи й температура. За основу класифікації методів сушіння зазвичай приймають способи передачі тепла матеріалу [4]. У сучасних сушильних установках частіше за все тепло насінню передають від сушильного агента, що рухається. Таке сушіння називається конвективним.

У тому випадку, коли тепло передається від нагрітої поверхні із застосуванням її теплопровідності, сушіння називається кондуктивним.

Контактне (сорбційне) сушіння призначене для зневоднення вологого насіння під час контакту з гігроскопічними речовинами (сорбентами) або при змішуванні вологого і сухого насіння. Тепло може бути передане насінню шляхом теплового опромінення або у результаті радіації. Такий метод сушіння називається радіаційним. Радіаційний метод використовується при сушінні інфрачервоними променями. Можливе також нагрівання та сушіння насіння у полі токів високої частоти. При штучному зменшенні тиску повітря над насінням волога з нього випаровується за більш низьких температур. Такий метод називається вакуум-сушінням. Поєднання (комбінацію)

конвективного й контактного, радіаційного та конвективного і інших методів називають комбінованим сушінням. У технології й техніці сушіння насіння соняшнику переважне застосування знайшло конвективне сушіння.

Структура шару насіння під час сушіння може бути різною. В залежності від неї розрізняють наступні прийоми конвективної сушки: у щільному рухомому шарі, у щільному нерухомому шарі (активне вентилявання), у зваженому або напівзваженому стані, у псевдозжиженому («киплячому») шарі.

Сутність процесу сушіння при конвективній передачі тепла полягає у тому, що парціальний тиск пари, що знаходиться безпосередньо над поверхнею насіння, більше парціального тиску пари, що міститься у сушильному агенті. Безпосередньо над поверхнею насіння парціальний тиск водяної пари близький до тиску насиченої пари при температурі нагрівання насіння. Чим більша різниця парціальних тисків, тим вище потенціал сушіння й тим інтенсивніше буде протікати процес. При цьому сушильний агент повинен мати певну температуру, так як із пониженням температури його відносна вологість зростає, вологомісткість зменшується.

Основними параметрами, що визначають інтенсивність процесу й збереження якості насіння, що сушиться й олії, яка у ньому міститься для всіх методів і прийомів сушки є: температура сушильного агенту; тривалість процесу; температура максимального нагріву насіння. Цими параметрами визначається вибір режимів сушіння. Для встановлення оптимального технологічного режиму сушки необхідно, щоб процес сушки був максимально коротким й щоб у процесі сушки зберігалась або навіть покращувалась якість насіння й олії, що у ньому міститься, покращувались технологічні властивості насіння.

Вибір технологічних режимів сушки визначається у більшій мірі від методу й прийому сушки, а також від конструкції установки. При конвективному сушінні насіння у щільному шарі товщиною 100-200мм [4], що повільно рухається, наприклад у шахтних сушарках, у зв'язку з

тривалістю процесу сушки (40-60 хв.) температура сушильного агенту не перевищує 180°C, а насіння нагрівається до 60-70°C. У барабанних сушарках при меншій тривалості процесу (15-20 хв.) застосовуються більш високі температури 200-350°C, при цьому нагрівання насіння не перевищує 60-65°C.

Конвективно-контактне сушіння насіння у зваженому стані й у падаючому шарі допускає застосування ще більш високих температур сушильного агенту – в межах 350-700°C при тривалості нагрівання 2-3 с. Таким чином, чим вище температура сушильного агенту, тим менша допустима тривалість насіння з ним.

2.3 Обрушування насіння та відділення оболонки від ядра

Основними складовими частинами насіння соняшнику з точки зору технології його переробки є ядро та оболонка. У насіння соняшнику є насіннева (плепка) та плодова (лузга) оболонки. Склад основних компонентів оболонки та ядра насіння різний. У більшості випадків такі цінні групи речовин, як ліпіди та протеїни, локалізуються у ядрі [4], оболонка ж містить багато речовин, перехід яких в олію небажаний. У ній, як правило, міститься значна кількість безазотисто-екстрактивних речовин та клітковини, а її ліпіди характеризуються високим вмістом вільних жирових кислот, восків та воскоподібних речовин і т.ін. У процесі видалення олії вони можуть переходити до продукту й тим самим погіршувати його якість.

У таблиці 2.2 приведені дані про вплив лузжистості соняшникового ядра, що переробляється, на якість олій, які видаляються прямою екстракцією. Згідно таблиці, чим більше лузги містить ядро, яке переробляється, тим більше кислотне число олій, вміст продуктів окислення, неомиляємих речовин.

Таблиця 2.2

Дані про вплив лузжистості ядра соняшнику на якість олій

Показник	Лузжистість ядра, %
----------	---------------------

	0 (ядро)	5	10	15	21,5 (насіння)	100 (лузга)
Олійність зразку, %	59,7	59,03	55,65	51,65	47,21	2
Вміст в олії, %						
неомиляємих речовин	0,41	1,66	1,77	1,8	1,85	10,52
продуктів окислення	0,36	0,48	0,55	0,61	0,68	1,8
Кислотне число олії, мг КОН	0,55	0,62	0,73	0,78	0,87	23,13
Перекисне число олії, % J ₂	0,06	—	—	—	—	0,28

Підвищення лузжистості ядра у значній мірі впливає й на товарний вигляд олій: їх смак, запах, колір, прозорість.

Збільшення вмісту оболонки у перероблюваному ядрі [4] призводить до підвищенню переходу до олії восків й воскоподібних речовин, що супроводжується при зниженні температури появою в них помутніння (сітки). Вже при вмісті восків в оліях у кількості до 0,005% (у присутності фосфатидів) в них з'являється ледь помітна сітка, а у виробничих зразках олій, одержуваних з матеріалу з лузжистістю 6-8%, кількість восків коливається в межах 0,05-0,1% у форпресовому й 0,10-0,35% у екстракційному. Зниження лузжистості ядра до 3% забезпечує вироблення олій, по прозорості відповідаючи вимогам діючого ДСТУу на вищий та 1 сорт.

Окрім того, при збільшенні вмісту оболонки у перероблюваному ядрі погіршується й якість макухи в результаті збагачення її клітковиною й безазотісно-екстрактивними речовинами.

Суттєвий вплив присутність оболонки у ядрі оказує й на ряд інших показників роботи підприємства. Оболонка, будучи більш легкою, ніж ядро, зменшує відсоток використання корисної місткості виробничого обладнання, що знижує його продуктивність. Значний вміст щільної оболонки у ядрі заважає його доброму подрібненню.

Суттєвий вплив оболонка оказує й на величину втрат олії у виробництві. Маючи пористу структуру, вона легко поглинає олію, що

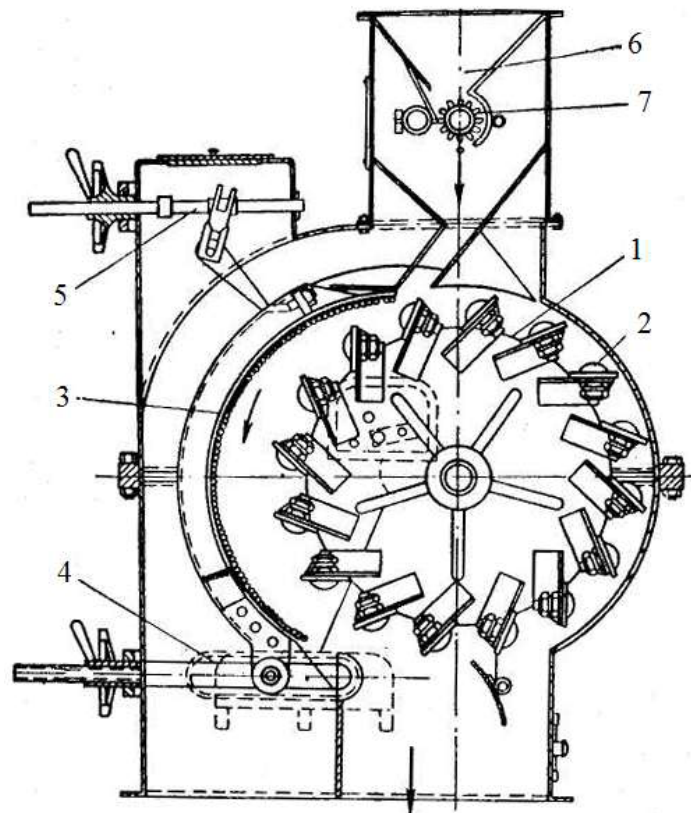
виділяється з ядра на різних стадіях технологічних процесів й дуже складно повертає його у процесі пресування й навіть екстракції. Це призводить до того, що олійність лузги, яка міститься в макусі, завжди вище олійності решти її не жирової частини. Збільшення кількості макухи й підвищення її олійності через переробку ядра із підвищеною лузжистістю призводять до збільшення втрат олії у виробництві. Все це свідчить про принципову необхідність максимального відокремлення оболонки від ядра.

У соняшника між лузгою та ядром є невеликий повітряний прошарок, який збільшується до звуженої, загостреної частини насінини. Насіннева оболонка зростається з одного боку з ендоспермом, з іншого – з лузгою. Тому при обрушуванні вона розривається, залишаючись частково на внутрішній поверхні лузги, частково на ядрі в залежності від міцності зв'язку з лузгою та ядром, на різних ділянках насіння.

Одним із основних процесів, забезпечуючих відділення оболонки від ядра, є обрушування. При цьому одержують суміш, яка називається рушанкою, котра складається із цілого ядра, оболонки, січки (часток ядра), олійного пилу, цілого та неповністю обрушеного насіння (недоруша).

Кількісні співвідношення між цими компонентами різні й залежать від сорту перероблюваного насіння, його параметрів (розмірів, вологості), умов підготовки до переробки, а також типу застосовуваного для переробки обладнання. Міцність оболонок насіння соняшнику суттєво залежить від їх вологості: величина максимальної питомої роботи руйнування насіння соняшнику відноситься до вологості 14,1%. Також значний вплив на фізико-механічні показники насіння соняшнику оказує вплив попереднього прогрівання: при прогріванні насіння соняшнику до 50°C міцність його оболонок знижується на 15-20% у порівнянні з міцністю непрогрітого насіння. За технологічними нормами якість рушанки при переробці насіння соняшнику має відповідати наступним вимогам: вміст недоруша та цілого насіння не більше 25%, січки – до 15%, олійного пилу – до 15%.

Обрушування виконують на насіннерушках різного виконання [6]. Серед них найбільше застосування нашла бичова насіннерушка МНР (рис. 2.2).



1- барабан, 2 – бич, 3 – дека, 4 – площини направляючі, 5 – пристрій регулювання зазору між декою та барабаном, 6 – завантажувальний ківш, 7 – валець живильний.

Рис. 2.2 – Бичова насіннерушка МНР

Насіннерушка МНР має чавунну деку 3, шарнірно закріплену у направляючих площинах 4, барабан 1 з 16 бичами 2. Для завантаження насіннерушки обладнаний завантажувальний ківш 6 з рифленим живильним вальцем 7, що рівномірно розподіляє насіння по довжині бичевого барабана. Пристрій 5 виконане для регулювання зазору між декою та бичами. Цей зазор може змінюватись від 8 до 30 мм в залежності від вологості насіння та його розмірів. Для більш вологого насіння виставляється менший зазор, для більш сухого – більший. При обрушуванні великого насіння зазор збільшується.

Дека набирається з чавунних колосників, що відливаються окремими секціями по 4-5 рифлів діаметром 25 мм. Замість чавунних колосників можливе встановлення колосників з круглого сталевого прокату того ж діаметра. Бичі виготовляються із стрічкової сталі завширшки 100 мм та товщиною 10-12 мм. Краї бичів, обернені до деки, трішки заокруглюються щоб запобігти подрібненню (розсіканню) насіння та ядер. Діаметр бичевого барабана 800 мм, довжина 972 мм. Кут нахилу бичів до радіальної лінії барабана 50-53°, кут охопту деками барабана 110°. Привід барабана відбувається від електродвигуна потужністю 5,1 кВт через варіатор швидкостей, за допомогою якого можлива зміна частоти обертання барабана від 560 до 630 об/хв. Практична продуктивність насіннерушки становить від 50 до 70 т/добу в залежності від вологості насіння та колової швидкості барабана.

Роботу бичевої насіннерушки на прикладі одного бича та верхньої частини деки можна представити наступним чином. Насіння, що падає з живильного вальця, піддаючись удару бича, відскакує від нього у напрямку деки, та в залежності від сили удару частково обрушується, а частково залишається у вигляді недоруша.

Недорушене насіння, відскакуючи від деки, піддається другому удару й також частково обрушується, а частково залишається недорукшеним та знову відкидається до деки, й описаний хід процесу продовжується доки насіння з лушпинням не вийде з зони дії бичів барабану. Суміш обрушеного насіння з лузгою виводиться з насіннерушки та подається на аспіраційну машину.

Таблиця 2.3

Технічна характеристика насіннерушки МНР

Продуктивність, т/год	2...3
Розміри барабана, мм:	
діаметр	800
довжина	972

Кут охопту деками барабану, град	110
Частота обертання барабану, об/хв	560...630
Потужність електродвигуна, кВт	5,1
Габаритні розміри, мм	1182×1150×1415
Маса, кг	720

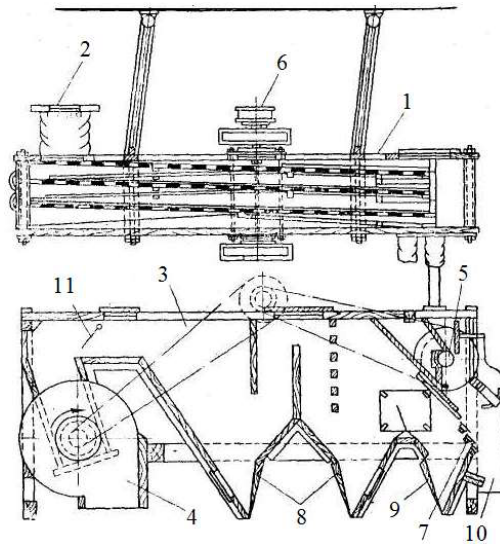
Після обрушування рушанка поступає на розділення за фракціями – ядро, оболонка, ціле насіння та недорущ. Під час сепарування оболонка виводиться з виробництва, ядро спрямовується на подрібнення, а недорущ та ціле насіння потрапляє на повторне обрушування. Вибір принципів, обладнання та режимів сепарування рушанки залежить від властивостей та ступеню відмінності між окремими властивостями компонентів рушанки. При сепаруванні соняшnikової рушанки широко застосовуються способи, засновані на відмінності лінійних розмірів та аеродинамічних властивостей. Розглянемо будову і принцип дії аспіраційної війки МІС-50 (рис. 2.3 а), де саме використовується комбінація цих способів сепарування.

Машина складається з розсіву 1, що має приймальний патрубок 2, аспіраційної камери 3 з вентилятором 4 та живильним вальцем 5. Розсів, що отримує обертальний рух від балансового приводу 6, складається з трьох ярусів сит, розділених поздовжніми перетинками. Всередині аспіраційної камери в шести її каналах розміщені жалюзі 7, кармани з вивідними клапанами 8 та 9 для лузги та перевію, шість вертикальних відводів для ядра 10 та шибири 11 для регулювання швидкості повітря у каналах.

Частота обертання розсіву 180 об/хв., а вентилятора – 700. Ексцентриситет розсіву 45 мм, кут нахилу його сит 3° , ширина сит 700 мм, площа ситової поверхні $11,5 \text{ м}^2$, розмір вихлопного отвору вентилятора 375×400 мм. Ширина шести каналів аспіраційної камери відповідно (в мм): 240, 260, 290, 290, 180. Потужність привідного електродвигуна 4,5 кВт. Продуктивність війки 50 т соняшnikового насіння на добу. При роботі війки рушанка (рис. 2.3 б), рухаючись на ситі 1 проходить далі до сита 2 першого ярусу. Прохід з сита 1 подається для подальшого розділення на сита другого

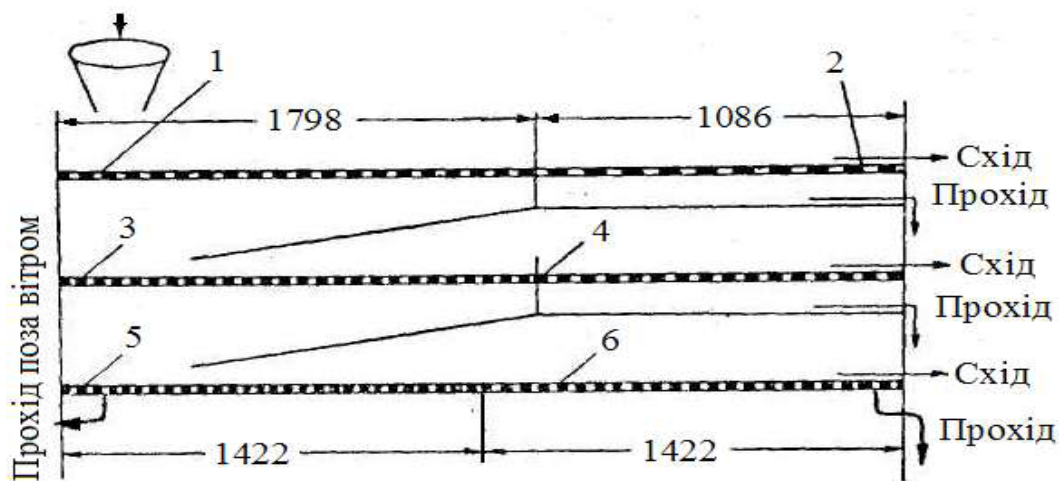
ярусу. Схід з сита 2, що складається з ціляка, крупного ядра та лузги, потрапляє до першого каналу війки та далі, після відділення струменем повітря крупної лузги, до шнеку для недоруша. Прохід з сита 2, що складається з лузги та чистого ядра, направляється до другого каналу аспіраційної камери.

З сит другого ярусу сходом до третього каналу війки йде ціле дрібне ядро, крупні частинки лузги та ядра, а проходом з сита 4 – частинки ядра та лузги середнього розміру направляються до четвертого каналу. Прохід з сита 3 по жолобу потрапляє на сита 5 та 6 третього ярусу. З третього ярусу січка ядра та лузги сходом направляється до п'ятого каналу, а проходом з сита 6 дрібні частинки ядра та лузги йдуть у шостий канал аспіраційної камери.



а) схема роботи розсіву:

- 1 – розсів, 2 – приймальний патрубок, 3 – аспіраційна камера,
- 4 – вентилятор, 5 – живильний валець, 6 – балансовий привід,
- 7 – жалюзі, 8 та 9 – вивідні клапани, 10 – вертикальний вивід для ядра,
- 11 – шибер;



б) схема сортування рушанки:
1, 2, 3, 4, 5, 6 – сита, з відповідним номером.

Рис. 2.3 – Війка аспіраційна

Прохід з сита 5, що називається підсівом, напрямляється у сьомий (поза вітром) рукав розсіву, а звідти в шнек до ядра. Важливу роль у роботі війки відіграють жалюзі 7 повітряних каналів, по яким рухається розсортована рушанка, та шибери, за допомогою яких відбувається регулювання швидкості повітря у каналах. Зміною нахилу жалюзі та зазору між окремими його пластинками регулюється швидкість руху рушанки та, як наслідок, чіткість відділення лузги від ядра. Чим більше часу повітря діє на рушанку, що знаходиться на поличках жалюзі, тим більше відбирається з неї лузги.

Таблиця 2.4

Технічна характеристика аспіраційної війки МІС-50

Продуктивність, т/год	2
Площа ситової поверхні, м ²	11,5
Частота обертання, об/хв:	
розсіву	180
вентилятора	700
Ексцентриситет розсіву, мм	45
Розміри вихлопного отвору вентилятора, мм	375×400

Потужність електродвугна, кВт	4,5
Габаритні розміри, мм	2154×1030×1280
Маса, кг	430

Важливе значення під час сепаруванні соняшnikової рушанки відіграє вірний підбір розмірів отворів сит розсіву, що мають бути [14] для триярусного сепаратору (у мм): 1-й ярус 6,0-7,0, 2-й 4,5-5,0, 3-й 2,5-3,0. Добре розділення рушанки на ситах по фракціям забезпечує надійну роботу насіннєвілки в цілому. Фракціонування на ситовій поверхні полегшує у подальшому процес розділення рушанки за аеродинамічними властивостями, яке при виділенні лузги є основним. Важливим є зниження вмісту ядра у луззі (виніс) й кількість перевію: збільшення виносу ядра у лузгу призводить до підвищення втрат олії, а велика кількість перевію потребує його додаткового обробітку. Значну роль в цьому відіграють жалюзі повітряних каналів, по яким рухається розсортована рушанка. Регулюючи нахил жалюзі та зазор між ними, можна змінювати швидкість руху матеріалу й повітря й досягати чіткого відділення лузги від ядра при мінімальних кількостях перевію та виносу ядра у лузгу. З метою оптимізації технологічних процесів та зменшення втрат олії у виробництві рекомендується проводити контроль усіх одержаних фракцій: оболонки з метою видалення з неї ядра, ядра з метою зменшення в ньому вмісту лузги, недоруша з метою видалення з нього ядра та оболонки з наступним подаванням його на повторне обрушування.

2.4 Подрібнення олійного насіння або ядра

Подрібнення при виробництві рослинних олій має велике значення, так як значно впливає на вихід олії й продуктивність основного обладнання. Подрібненню підлягають насіння або ядро соняшника, при цьому утворюється продукт, який називається м'яткою, з якого олію можна видалити при значно меншому зовнішньому впливі, ніж з цілого насіння чи

ядра. Основним видом подрібнення є плющення, що застосовується для одержання часток у вигляді пелюстка.

Головне завдання подрібнення ядра насіння – максимально можливе руйнування кліткової структури, а також надання матеріалу певної зовнішньої структури, оптимальної для послідовних технологічних операцій: смаження, пресування, екстракції.

Так як [15] швидкості таких явищ, як дифузія та теплопровідність, обернено пропорційні розмірам часток, важливим завданням подрібнення є досягнення їх оптимального розміру та найбільшої однорідності. Якщо подрібнення неоднорідне, то для одних часток ці процеси при певній тривалості завершуються, а для інших ще ні. Це не дозволяє у промислових умовах стабілізувати технологічний процес. Причини, що визначають неоднорідність часток, одержуваних при подрібненні насіння, можна умовно поділити на дві групи:

1. Загальні для подрібнення твердих тіл, а також пов'язані зі способом прикладання зовнішніх сил у подрібнюючих машинах. Руйнування твердих тіл відбувається нерівномірно тому, що міцність тіла у його товщі не однакова у всіх ділянках, руйнування відбувається по місцях найменшого опору; окрім того прикладені зовнішні сили розподіляються нерівномірно по поверхні тіла, що руйнується.

2. Такі, що відносяться до особливостей подрібнюваного матеріалу й залежать в основному від анатомічної будови насінини. Опір насінини дії зовнішніх сил за різними напрямками на різних ділянках не однаковий внаслідок відмінностей у будові окремих складових її тканин, що й призводить до одержання часток різного розміру. Окрім того, при розриванні клітин відбувається повне або часткове випадіння внутрішньоклітинного вмісту, розміри часток якого значно менше самих клітин.

Зі збільшенням тонкості подрібнення сухих матеріалів у них збільшується вміст пиловидних мучнистих фракцій, наявність яких призводить до злежування матеріалу, погіршенню умов обробки м'ятки

водою при смаженні, погіршенню умов екстракції. У м'ятці високоолійних матеріалів дуже дрібні часточки здатні злипатись на олії з більш великими, що також призводить до погіршення оптимальної її структури.

Тому тонкість подрібнення має бути оптимальною, подрібнений матеріал разом з максимальною однорідністю повинен бути достатньо рихлим, проникним та стійким (для пелюстка). В результаті руйнування при подрібненні матеріалу відбувається утворення широко розвинутої поверхні, при цьому частина внутрішньої поверхні становиться зовнішньою; вскривається система сполучених міжклітинних просторів; при випадінні алеїронових зерен їх поверхня та еквівалентна поверхня протоплазми також оголюються. Якщо всередині часточки кожна молекула оточена іншими молекулами та її силове поле симетрично насичене, то у молекул, які знаходяться на поверхні, частина силового поля лишається ненасиченою. Як наслідок, на кожній ділянці поверхні є вільне молекулярне силове поле й поверхня часток володіє запасом вільної енергії. М'ятка, складена з сукупності подібних часточок, має значну поверхневу енергію, величина якої тим більша, чим більше поверхня часточок, тобто чим вищий ступінь подрібнення м'ятки.

У процесі подрібнення змінюється не лише структура олієвмісних матеріалів [4], але й локалізація в них ліпідів, при цьому по мірі руйнування клітинних оболонок руйнується й олієвмісна частина клітин і все більша частина олії вивільнюється й відразу ж вкриває величезну поверхню часточок, що утворилися, у вигляді тонких плівок. Зміни у розподілі ліпідів у олійному насінні й продуктах його переробки у багатьох технологічних операціях є визначальними у ефективності видалення олії.

При подрібненні частина олії лишається всередині незруйнованих клітин або у звичайному стані, або частково виділившись внаслідок тиску, який ці клітини сприйняли під час проходження між валками. Частина олії може лишатись в уривках елеоплазми, що випали зі зруйнованих клітин або тих, що частково задержались в уривках тканин. Під час руйнування тонкої

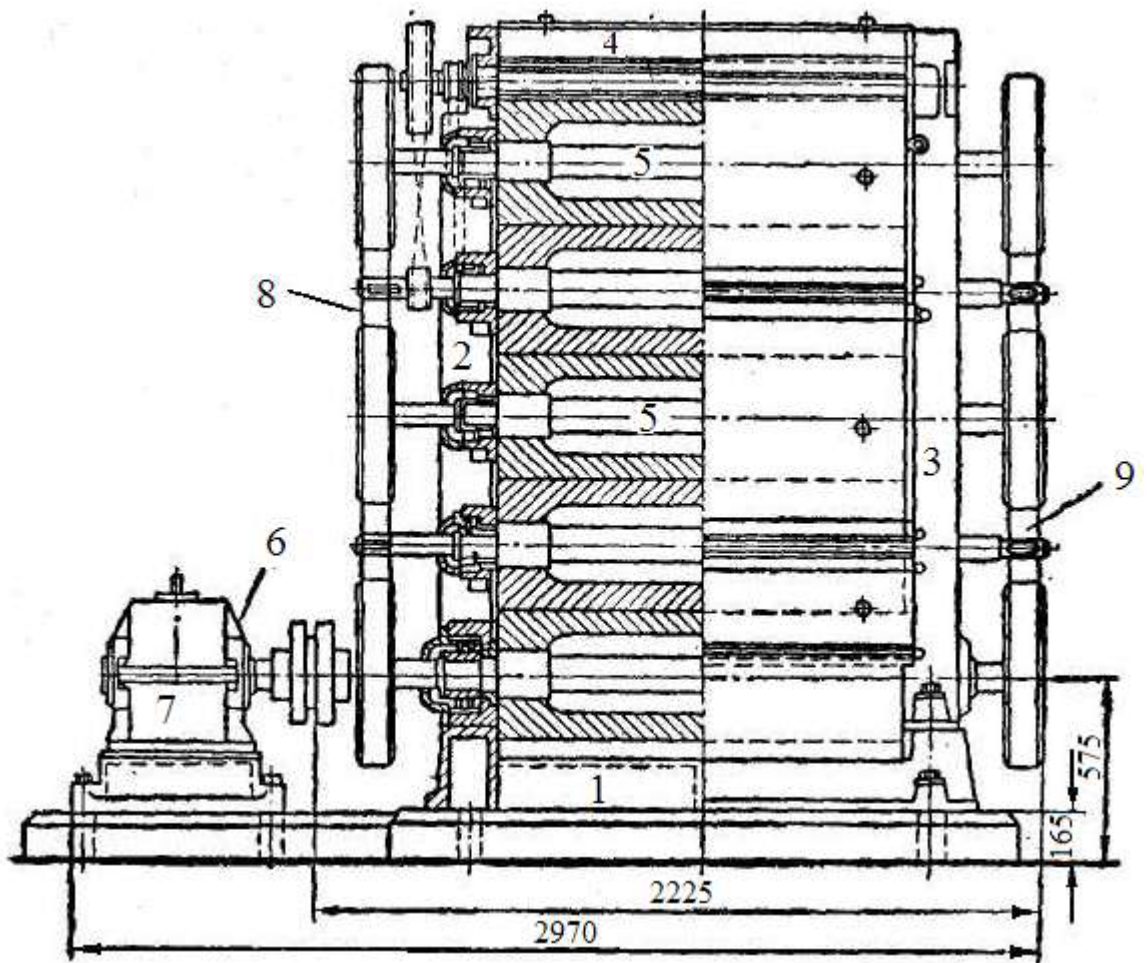
структури цитоплазменного гелю також відбувається виділення великої кількості олії.

Однак олії не витікає із м'ятки, тому що вона зв'язується на утвореній й вскритій під час подрібнення широко розвиненій зовнішній та внутрішній поверхні сильним молекулярним полем.

2.4.1 Технологія та техніка подрібнення насіння та ядра соняшнику

Ядро насіння соняшнику подрібнюють на [9] п'ятивалкових станках ВС-5 (рис. 2.4) за 4 проходи.

Станок складається з фундаментної рами 1, станини 3, у якій розміщені підшипники 2 з осями робочих валків 5, що в них лежать, й живильного вальця 4. Нижній робочий валок має тільки обертальний рух, а чотири верхні, окрім обертального руху, мають можливість вільно переміщуватись у вертикальному напрямку. Для очищення поверхонь обладнані ножі, а для зміни напрямку подрібнюваного матеріалу є знімні щити.



1 – рама, 2 – підшипники, 3 – станина, 4 – валець живильний, 5 – валки, 6 – редуктор, 7 – електродвигун, 8 та 9 – пасові передачі.

Рис. 2.4 – Плющилка п'ятивальцева ВС-5

Два верхні робочі валки рифлені, нижні три гладенькі. Рифлі глибиною 1,5 мм у кількості 8 ниток на 25 мм довжини окружності валка розташовані під кутом 9° до твірної. Валки вільно спираються один на одного своїми твірними, завдяки чому між валками створюється сталий тиск, що дорівнює вазі вище розташованих валків. Зазор між валками змінюється в залежності від кількості матеріалу, що поступає з живильного бункера. Привід станка відбувається від електродвигуна 7 через редуктор 6 та муфту. Електродвигун та редуктор монтується на окремій рамі. Редуктор має дві пари шестерень з загальним передаточним числом 1:6,4. Обертальний рух від нижнього валка до третього та верхнього передається плоскими пасами 8 та 9, причому на

шківах нижнього валка паси верхнього валка надіті на паси третього валка. Перший, третій та п'ятий валки фрикційно приводять в обертання другий та четвертий валки. Розмольні валки мають діаметр 400 мм та довжину 1250 мм. Діаметр живильного вальця 180 мм. Частота обертання валків (об/хв.): нижнього 150, третього та верхнього по 147, а живильного 50. Потужність встановленого електродвигуна 28 кВт при 975 об/хв.. Продуктивність при подрібненні ядер соняшника складає 80 т/добу.

Таблиця 2.5

Технічна характеристика п'ятивальцевої плющилиці ВС-5

Продуктивність, т/год	3
Розміри валків, мм:	
діаметр (живильного)	400 (180)
довжина	1250
Частота обертання валків, об/хв:	
нижнього	150
третього та верхнього	147
живильного	50
Потужність електродвигуна, кВт:	28
Габаритні розміри, мм	1275×1120×1760
Маса, кг	1940

На якість подрібнення ядра суттєво впливає його вологість. Максимальне подрібнення клітинної структури ядра відбувається при вологості 5,5-6,0%; підвищення вологості вище цих показників призводить до погіршення якості подрібнення.

Якість подрібнення м'ятки погіршується також зі збільшенням лушпинності ядра. Лушпиння має більш тверду структуру у порівнянні з ядром, її присутність у ядрі збільшує відстань між розмельними валками й призводить до погіршення тонкості помелу м'ятки. Лушпинність ядра, що поступає на подрібнення, має бути в межах 3,0-8,0%. При гарному помелі

ядра соняшнику прохід м'ятки крізь сито з отворами розміром 1 мм має бути не менше 60%.

2.5 Приготування мязги

Олія у м'ятці розподілена у вигляді дуже тонких плівок на поверхні часток подрібненого ядра або насіння й утримується на ній значними силами молекулярної взаємодії (силове молекулярне поле поверхні), величина яких набагато перевищує тиск, що розвивають сучасні преси, які застосовуються для відтискання олії.

Для зменшення сил, які зв'язують олію з поверхнею часточок м'ятки, та полегшення її відділення від не жирових компонентів м'ятки у технології виробництва рослинних олій застосовується волого-термічна обробка м'ятки – так зване смаження.

Обробіток м'ятки вологою та теплом при інтенсивному перемішуванні та доведення її вологості та температури до оптимальних величин на протязі певного часу викликає зміну низки фізико-механічних властивостей м'ятки та олії, яка у ній міститься, що сприяє найкращому ефекту видалення олії.

Волого-термічна обробка є однією з найважливіших технологічних операцій при підготовці матеріалу до видалення олії пресуванням або екстракцією й оказує вирішальний вплив на кількість та якість кінцевих продуктів: олії, макухи та шроту.

Волого-термічна обробка виконується у спеціальних апаратах – жаровнях. Продукт, одержаний після волого-термальної обробки м'ятки, називається мезгою.

При підготовці матеріалу до видалення олії пресуванням шляхом волого-термічної обробки досягають [4]:

- а) оптимальних умов, забезпечуючих відтискання олії;

б) оптимальної пластичності для безперервного брикетування макухової ракушки;

в) достатньої пружності мезги для розвитку тертя між часточками та високого тиску при утворенні макухової ракушки;

г) меншої в'язкості олії, яка покращує умови витікання її під час пресування;

д) інактивації ферментної системи м'ятки.

При цьому необхідно додержуватись умов, які дозволяють зберегти природні властивості як олії, що витискається, так і вторинного кінцевого продукту виробництва – макухи. Ці умови мають забезпечувати найменшу денатурацію білкових речовин олійного насіння, а також добру інактивацію ферментів.

У промисловості відомі два типи смаження: перший тип, або «вологе» смаження, і другий тип, або «сухе» смаження.

Смаження першого типу відбувається у два етапи. На першому етапі виконується зволоження та нагрівання м'ятки шляхом додавання води, а потім пропарювання й доведення таким шляхом вологості і температури олійного матеріалу до оптимальних величин, які визначаються індивідуальними властивостями м'ятки.

Якщо початкова вологість м'ятки дорівнює оптимальній початковій вологості, то перший етап буде полягати лише у швидкому нагріванні м'ятки можливо більш сухим паром до оптимальної температури.

Другий етап – висушування зволоженої м'ятки зі створенням оптимальної структури і з доведенням її вологості та температури до величин, оптимальних для пресування та характерних для готової мезги.

Доведення температури та вологості на першому етапі волого-термічної обробки до визначених величин являє собою кондиціонування м'ятки, яке забезпечує одноманітність протікання необхідних змін властивостей матеріалу на другому етапі. В результаті висушування матеріалу у заданих умовах (висота шару, тепловий режим жаровні та її

аспірація) відбувається утворення структури матеріалу, необхідної для його пресування.

Смаження другого типу являє собою висушування та нагрівання м'ятки до визначених значень без попереднього нагрівання та зволоження. Таким чином смаження практично починається відразу з другого етапу й полягає у видаленні вологи, що міститься у самому матеріалі, та у доведенні температури і вологості мезги до величин, оптимальних для пресування.

Необхідне зволоження олійного матеріалу на першому етапі смаження перед просушуванням може вноситись за межі власне жаровні й виконуватись у спеціальному зволожувально-нагрівальному шнеку, й це вважатиметься проведенням першого типу смаження зі зволоженням на початку процесу.

Смаження першого типу більш ефективно й забезпечує, як правило, не тільки оптимальні характеристики матеріалу перед пресуванням, але й хімічні зміни, що необхідні для одержання олії, макухи та шроту необхідної якості.

Сухе смаження може рекомендуватись у тих випадках, коли під час зволоження м'ятки відбуваються небажані хімічні та біохімічно процеси або при переробці такої сировини, початкова вологість якої вище або дорівнює межі вологості, встановленій для кінця першого етапу смаження.

У початковий період освоєння шнекових пресів виникли невірні уявлення про непотрібність подрібнення, при цьому занижувалась роль смаження. Ці погляди розвивались на тій основі, що у шнекових пресах відбувається руйнування клітинної структури й сильне нагрівання матеріалу. На практиці це приводило до роботи на грубо подрібненому або взагалі не подрібненому ядрі з простим короткочасним нагріванням й підсушуванням матеріалу у жаровнях пресу, що призвело потім до практики «сухого» смаження тонкоподрібненого матеріалу.

Однак тільки за вологого смаження було досягнуто найкращих результатів роботи на шнекових пресах й високої якості олії, макухи та шроту.

Режим смаження характеризується поєднанням визначених величин вологості і температури матеріалу на різних етапах цього процесу, а також тривалістю усього процесу в цілому.

Конкретні режими смаження визначаються вимогами до структури мезги, але усі вони зводяться взагалі до різних змін вологості м'ятки при різних температурах та різному темпі змін температури у часі. Таким чином, при усіх різноманітних режимах смаження спостерігається різне поєднання обробки м'ятки вологою й теплом в умовах незначного механічного впливу, що відбувається під час перемішування у жаровні.

2.5.1 Основні вимоги до властивостей м'ятки та фактори, що впливають на її якість

Мезга, що потрапляє на пресування, повинна мати достатньо пластичну та пружну структуру. Це дозволяє, з одного боку, забезпечити добре брикетування макухи та, з іншого боку, розвинути достатньо високий тиск у пресі без видавлювання мезги із зеєрів. Ці умови повинні сполучатись із головною вимогою – одержанням макухи із необхідною олійністю, тобто забезпеченням оптимального відтискання олії.

Ці властивості мезги досягаються [4] оптимальними ступенем подрібнення м'ятки, режимом волого-теплової обробки, співвідношенням температури і вологості готової мезги, яка виходить із жаровні та поступає на пресування. Перевищення оптимальної для пресування вологості мезги викликає видавлювання її крізь зеєри, одержання безформної ракушки із підвищеною олійністю. Зниження вологості мезги у порівнянні із оптимальною призводить до одержання розсипчастої ракушки й знову ж таки до підвищеної її олійності.

Конкретні вимоги до властивостей мезги різні в залежності від способів її подальшої переробки (однократне та двократне пресування або форпресування перед екстракцією) та від сорту та якості перероблюваного насіння. Однак для усіх режимів загальною вимогою є однорідність мезги. Під цим розуміється й загальна однорідність, тобто однакові розміри, вологість, пластичність усіх часточок, та внутрішня – однакові властивості у всіх шарах самих часточок (на поверхні та всередині). Неоднорідність мезги призводить до погіршення ефекту видалення олії з неї, так як поведінка різних за властивостями часточок мезги під час пресування буде різною.

Повна однорідність мезги (загальна та внутрішня) за існуючих конструкцій жаровень практично не досягається. Окрім того, її неоднорідність формується вже завдяки неоднорідності подрібнення ядра чи насіння, що також ускладнює процес рівномірного зволоження, нагріву та висушування мезги у жаровнях. До неоднорідності мезги призводить й недосконале перемішування м'ятки у жаровнях, так як швидкості переміщення окремих її часточок по трасі жаровні неоднакові. Спостерігається значне розсіювання тривалості перебування окремих часточок мезги у жаровні й, як наслідок, неоднорідність їх за вологістю, пластичністю, температурою, а тому й по ступеню денатурації білкових речовин.

Шар олійного матеріалу у жаровні має доволі велику висоту (до 300мм) [14], тому у ньому відбувається самопропарення, яке полягає у тому, що під час висушування м'ятки волога, яка випаровується з нижніх шарів, проходить крізь усю товщу м'ятки. Практично усі шари м'ятки підвергаються самопропаренню, яке призводить до сповільнення процесу висушування, перешкоджає утворенню кірок (вторинних структур) на поверхні часточок й, що найголовніше, викликає інтенсивне руйнування утворених під час зволоження агрегатів часточок. Це покращує структуру мезги, надає їй більшу однорідність, тому у жаровнях повинен бути завжди оптимальний

шар м'ятки для забезпечення її самопропарення, яке є дуже позитивним фактором у технологічному процесі приготування мезги.

Утворення кірок денатурованого білка на поверхні часточок мезги відбувається внаслідок її перегріву під час доторкання із нагрівальними поверхнями жаровень. Особливо небезпечно утворення кірок на поверхні грудок мезги, так як вони погано пропускають вологу та внутрішня частина грудки залишається сирою, а зовнішні шари стають настільки міцними, що дезагрегативування їх неможливе. Тому дуже важливо уникнути утворення агрегатів у перші хвилини смаження, й більшу роль у цьому відіграє явище самопропарення.

Велике значення під час смаження має вибір та виконання способу зволоження. При нерівномірному зволоженні не буде досягнуто доброго розподілу вологи між часточками та всередині часточок, що призведе до неоднорідності мезги в цілому.

Під час зволоження необхідне добре розпилення вологи й ретельне різнобічне та безперервне перемішування і пересування оброблюваної м'ятки.

При цьому відбувається набухання м'ятки й підвищення її пластичності. В умовах виробництва зволоження м'ятки завжди супроводжується нагріванням гострою парою та від нагрівальних поверхонь жаровень, а також активним перемішуванням; це сприяє оптимальному проходженню процесу смаження та збереженню кращої однорідності м'ятки.

При нагріванні м'ятки на початку смаження підвищення пластичності її відбувається в результаті розм'якшення білкових речовин, а при наступному прогріванні та підсушуванні нарастають пружні властивості м'ятки завдяки денатурації білків. У випадку застосування високих температур йде інтенсивна денатурація білків, різко знижується пластичність мезги й її класифікують як «пересмажену». Як правило, така мезга має дуже неоднорідну структуру, що негативно впливає на процес пресування. Мезга, приготована у оптимальних умовах, під час пресування внаслідок

розігрівання набуває необхідної пластичності та достатньої пружності, щоб не відбувалося витискання мезги з зерів пресу.

2.5.2 Вплив води у процесі приготування мезги

Дія води [4] при приготуванні мезги є основним фактором у процесі підготовки матеріалу до виробництва рослинних олій, від якого залежить повнота наступного відділення олії. Під час зволоження м'ятки по всій її масі відбувається ряд значних змін, а саме:

- 1) поглинання води гідрофільними часточками м'ятки, набухання її гелевої частини та у зв'язку з цим збільшення її пластичності;
- 2) зміна зв'язаності олії із гелевою частиною та її стану в олії;
- 3) агрегування часток одна з одною.

Поглинання води і набухання м'ятки є основним процесом, що протікає при зволоженні м'ятки й обумовлює ряд наступних її змін.

Олія та вода окремо добре змочують гідрофільну поверхню часток м'ятки, однак внаслідок їх різнополярності відмінність у їх відношенні до цієї поверхні надзвичайно велика.

Відомо, що з двох рідин краще змочує тверду стінку та, у якій поверхневий натяг на межі з цією стінкою менше, тобто менша різниця у молекулярних силах, діючих між часточками твердого тіла та між молекулами рідини.

Вода як рідина високополярна ($\epsilon = 81$) дуже добре змочує гідрофільну поверхню часточок м'ятки, зв'язуючись величезними адсорбційними силами з полярними групами міцел гідрофільних гелів. При цьому молекули води орієнтуються довкола цих груп, утворюючи гідратні оболонки – відбувається набухання часточок гелю. Внаслідок такого тісного зв'язку із гелевою часточкою поверхневий натяг на межі вода – поверхня часточки дуже мале.

Олія за величиною полярності ($\epsilon = 3,0 - 3,2$) дуже відрізняється від води й від гідрофільних гелів часточок м'ятки. Змочуючи гідрофільну поверхню часточки, олія також у певній мірі зв'язується силовим молекулярним полем

поверхні часточки, однак внаслідок великої різнополярності контактуючих фаз поверхневий натяг на межі олія – поверхня часточки дуже великий.

У повітряно-сухому стані м'ятки невелика частина силового молекулярного поля зв'язує довкола полярних груп її молекули води у вигляді гідратних оболонок, а решта цього поля утримує молекули олії. При додаванні води відбувається зв'язування її молекул силовим молекулярним полем зі звільненням відповідних ділянок від молекул олії, що знаходяться на них. Відбувається гідратація міцел поверхневого шару часточок м'ятки.

Під час зволоження м'ятки окрім гідратації поверхневих міцел одночасно відбувається проникнення води у товщу часточок (об'ємне набухання), змочування усієї її широко розвиненої поверхні, поглинання води гелевою частиною, що призводить до набухання м'ятки.

При усіх існуючих способах видалення олії з попередньою волого-тепловою обробкою м'ятки кількість води, що додається та поглинається значно менше тієї кількості, яка може поглинутись м'яткою при повному її набуханні.

Максимум набухання соняшникової м'ятки відповідає приблизно 35% вологості [4], тоді як початкова вологість м'ятки на першому етапі смаження при підготовці її до того чи іншого способу видалення олії знаходиться в межах 3-12%. Таким чином, в умовах технологічних операцій, пов'язаних зі зволоженням, надлишку води нема, максимум набухання не досягається й уся вода, що вводиться у м'ятку, повністю поглинається й зв'язується. Швидкість набухання при надлишку води на початку процесу надзвичайно велика й поступово зменшується по мірі наближення до максимуму набухання. В умовах же звичайних величин зволоження, які застосовуються при волого-тепловій обробці, набухання м'ятки відповідає початковій стадії процесу повного набухання, у якій водопоглинальна сила та швидкість набухання дуже великі.

Швидкість поглинання води часточками м'ятки багато в чому залежить від умов зволоження, зокрема від способу введення води та інтенсивності

перемішування при цьому. Окрім того, швидкість поглинання залежить й від властивостей зволоженого матеріалу, а саме від кількісного співвідношення у ньому гідрофільної гелевої частки та гідрофобної олійної: чим більше олійність м'ятки, тим повільніше відбувається поглинання води.

У процесі набухання найбільш істотно змінюються фізичні властивості м'ятки: відбувається збільшення пластичності й текучості її гелевої частини, зростає частка пластичних деформацій й знижується частка пружних деформацій при механічному впливі на м'ятку. За найменш слабого механічного впливу на високоолійну м'ятку з високою вологістю з'являється невелика кількість олії. Таким чином, збільшення під час зволоження пластичності й здатності внутрішньої структури м'ятки до деформації сприяє відокремленню олії при механічному впливі на м'ятку (мезгу), що має дуже велике значення у процесах одержання рослинної олії із застосуванням відтискання.

Під час зволоження м'ятки відбувається, як було сказано вище, набухання її часток, пов'язане з поглинанням води гелевою частиною. При набуханні сухі гелі значно збільшуються у об'ємі, при цьому оказують тиск на усі перепони, які протистоять цьому збільшенню (тиск набухання). Усі порожнини, заповнені олією, внаслідок набухання гелю будуть стискатися та зменшуватись у об'ємі, й відбуватиметься витискання олії на поверхню часточок під впливом тиску набухання. Таким чином, олія збирається на поверхні часточок м'ятки не тільки внаслідок руйнування та вибіркового змочування внутрішніх порожнин часточок із витисканням з них олії, але і в результаті зближення стінок порожнин, заповнених олією, завдяки набуханню гелевої частини м'ятки.

Агрегування часток м'ятки є обов'язковим наслідком її зволоження й початку виділення олії. Чим більші часточки м'ятки, тим менше ступінь їх агрегування під час зволоження зі збереженням інших рівних умов.

Ступінь агрегування багато у чому залежить від інтенсивності механічного впливу під час зволоження, тобто від перемішування зволоженої маси м'ятки. Агрегування часточок під час зволоження й закономірне зменшення при цьому питомої площі поверхні м'ятки сприяє зменшенню зв'язаності з нею олії. На практиці доведено [16], що під час збільшення вологості м'ятки з 3,5 до 10,9% питома площа поверхні соняшникової м'ятки зменшується з 6,25 до 1,50 м²/г.

2.5.3 Вплив тепла у процесі приготування мезги

Тепловий вплив на м'ятку є невід'ємною частиною процесу приготування мезги й викликає значні фізичні та хімічні зміни у її олійній та гелевій частинах, а також у їх зв'язаності одна з одною. Інтенсивність та ступінь цих змін залежить від цілого ряду факторів: способу, рівномірності та тривалості теплового впливу, температурного режиму процесу, вологості м'ятки й готової мезги та темпу випаровування вологи.

Зміни олійної частини м'ятки під час нагрівання в межах застосовуваних при смаженні температур [14] (не вище 110-120°C) зводяться в основному до зміни фізичних властивостей олії, які достатньо значні й мають велике значення у виробництві рослинної олії.

Під час нагрівання м'ятки підвищується температура олії, яка у ній міститься, що викликає посилення теплового руху її молекул та послаблення міжмолекулярних сил зчеплення. Це у свою чергу призводить до зниження в'язкості і поверхневого натягу олії, що міститься у м'ятці. У таблиці 2.6 наведено зміну абсолютної в'язкості соняшникової олії при підвищенні температури від 20 до 140°C [16].

Таблиця 2.6

Вплив температури соняшникової олії на її абсолютну в'язкість

Температура, °C	20	40	60	80	100	110	120	130	140
В'язкість, Па·с	6,02	3,54	1,55	0,96	0,64	0,55	0,46	0,39	0,33

Поверхневий натяг олії при нагріванні м'ятки також зменшується, але менш інтенсивно.

Окрім описаного впливу температури на пониження в'язкості та поверхневого натягу олії велике значення має вплив температурного фактора на зменшення інтенсивності молекулярного силового поля часточок м'ятки, завдяки якому утримуються молекули олії, що безпосередньо прилягають до поверхні часточок. Таким чином, температура нагрівання оказує суттєвий вплив на зменшення зв'язаності олії із гелевою частиною м'ятки та полегшує її відділення у процесі відтискання на пресах.

При температурних режимах, які застосовуються у процесі приготування мезги, малоімовірні глибокі хімічні зміни олії, однак можливе протікання окислювальних процесів у олійних плівках на широко розвиненій поверхні часточок м'ятки.

Внаслідок контакту з киснем повітря відбувається деяке підвищення перекісного числа олії, а потім зниження його у результаті перетворення перекісних з'єднань у вторинні продукти окислення. Разом з тим під час смаження та відтискання олії у ній відбувається накопичення вторинних, більш стійких продуктів окислення. Спостерігається також підвищення показника заломлення олії та зниження йодного числа. За температур мезги 130-140°C можливе утворення спряжених подвійних зв'язків лінолевої кислоти. Наявність у олії продуктів окислення оказує негативний фізіологічний вплив на організм людини й на ряд процесів під час переробки жирів.

Для запобігання олії від інтенсивних окислювальних процесів рекомендується [14] не допускати підвищення температури нагрівання мезги вище 125°C, зменшувати тривалість контакту мезги та олії із киснем повітря, застосовувати деаеровану технологічну пару, охолоджувати олію відразу після її одержання до 50-60°C.

Зміни гелевої частини м'ятки під час нагрівання найбільш вагомо виражаються у процесі теплової денатурації білкових речовин, які є основним компонентом нежирової частини м'ятки.

Теплова денатурація являє собою взаємодію між білком та водою й відбувається лише у присутності води, тому процес денатурації білкових речовин м'ятки може протікати лише за певного вмісту вологи. За інших рівних умов ступінь теплової денатурації білкових речовин м'ятки зростає при підвищенні її вологості. З таблиці 2.7 видно зміну ступеню денатурації білків при нагріванні м'ятки на протязі години при 100°C [4].

На величину теплової денатурації білкових речовин оказує вплив темп (швидкість) випаровування води при температурному впливі. Швидке видалення води зі сфери реакції сповільнює денатурацію; при повільному ж видаленні води із м'ятки тепла денатурація буде протікати енергійно й швидкість її буде знижуватись дуже повільно.

Таблиця 2.7

Зміна ступеню денатурації білків при нагріванні м'ятки на протязі години при 100°C

Вологість м'ятки на початку температурного впливу, %	Відносний ступінь денатурації білків, % від їх початкової кількості		У скільки разів зросла кількість білків	
	розчинних у воді (типу альбумінів)	розчинних у 10%-му NaCl (типу глобулінів)	розчинних у 0,2%-му NaOH (глютеліні)	нерозчинних
4,93	1,10	3,76	—	—
7,36	9,68	5,86	1,00	1,40
8,50	13,98	7,95	1,12	1,45
12,21	21,51	—	1,21	—
14,67	30,11	8,37	1,42	1,48
16,90	31,19	7,95	1,31	1,56
20,01	38,71	10,18	1,31	1,77

Температура денатурації білкових речовин м'ятки у значній мірі залежить від вмісту у ній води. При незначній вологості теплова денатурація протікає лише при дуже високих температурах й, навпаки, при великому вмісті вологи денатурація білкових речовин відбувається при більш низькій температурі.

При тепловому впливі на суху м'ятку в умовах, що виключають або зводять до мінімуму теплову денатурацію, відбуваються фізичні зміни м'ятки, які виражаються у збільшенні пластичності її гелевої частини. При нагріванні вологої м'ятки це збільшення пластичності дещо зменшується завдяки зміні фізичних властивостей, пов'язаних з протіканням процесів теплової денатурації та знижуючих загальний ефект збільшення пластичності. Це явище має велике значення у підготовці мезги до пресування так як їй надається дещо більш жорстка структура, яка сприяє створенню більшого тертя матеріалу о стінки

зеєрної камери пресу та знижує можливість витискання матеріалу крізь зеєрні щілини.

2.5.4 Вплив пари у процесі приготування мезги

Дія пари на м'ятку [4] складається з дії її як носія вологи та як носія тепла.

При доторканні пари з частками м'ятки у перші моменти відбувається її охолодження, частина пари при цьому віддає приховану теплоту випаровування часточкам м'ятки й конденсується на них; окрім того, на часточках осідає та вода, яка захоплюється сирою парою у крапельно-рідинній формі. Пара у даному випадку виступає як носій вологи. Під час зволоження та пропарювання м'ятки гострою парою відбувається більш рівномірний розподіл конденсованої води, ніж при зволоженні безпосередньо

водою. Кількість води, що вноситься паром під час зволоження та пропарювання м'ятки, визначається:

а) температурою м'ятки на початку пропарювання: чим вона нижче, тим сильніше охолоджується пара й конденсується на часточках м'ятки;

б) кількістю води у парі у крапельно-рідинній формі: чим вологіша пара, тим сильніше зволоження м'ятки;

в) тепловмістом пари: чим він менше, тим енергійніше відбувається її конденсація.

Однак пара може перенести до м'ятки обмежену кількість вологи, так як по мірі нагрівання зволоження м'ятки зменшується й потім зовсім припиняється.

Коли м'ятка досягає такої температури, за якої припиняється конденсація пари, пара починає висушувати м'ятку, продовжуючи нагрівати її.

Пара як носій тепла швидше і рівномірніше нагріває м'ятку у порівнянні з відносно повільним та нерівномірним нагріванням від нагрівальної поверхні жаровень.

Загальний ефект дії пари як носія вологи і тепла сильніше, ніж дія вологи та тепла окремо внаслідок безперервного притоку рівномірно розподіляємої води та рівномірного та швидкого прогрівання часточок.

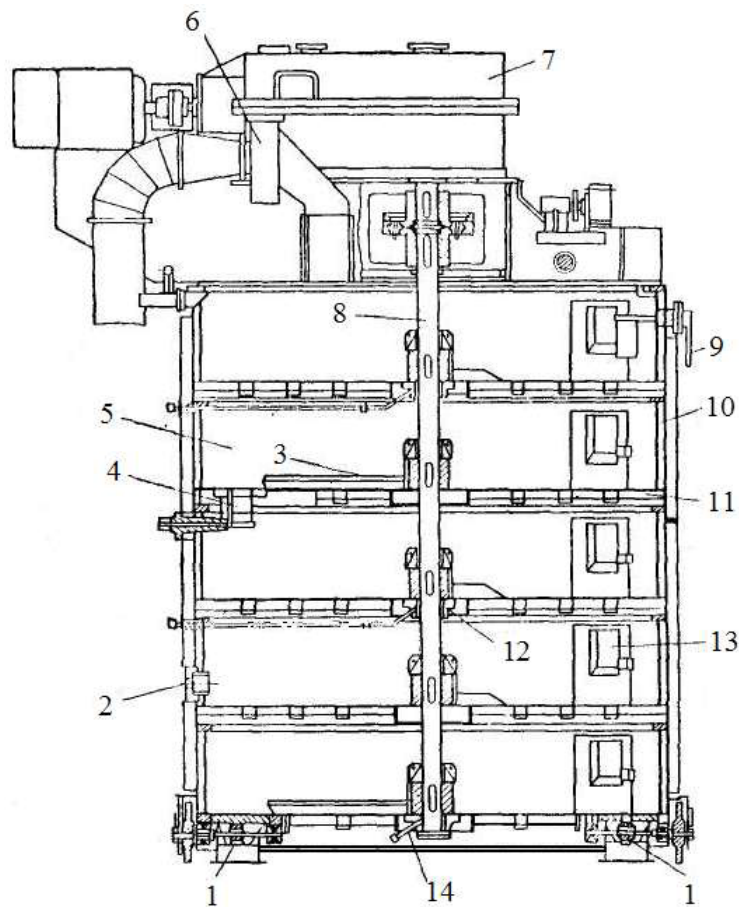
Усі застосовувані у виробництві види пари і його сумішей з водою можна розташувати у наступному порядку зростання дії пари як носія вологи та одночасно зниження її дії як носія тепла: перегріта пара – суха насичена пара – сира насичена пара – м'ята пара – суміш пари і води. Ця послідовність відповідає зниженню ентальпії та підвищенню вологовмісту пари.

У залежності від вологості та температури пари і матеріалу, тривалості пропарювання, конструкції апаратів, призначених для проведення волого-

теплової обробки м'ятки, можна досягти необхідної вологості і температури готового матеріалу.

2.5.5 Техніка для приготування мезги

Для проведення волого-теплової обробки м'ятки застосовуються [6] жаровні з різною кількістю чанів (від 3-ох до 7-ми). П'ятичанна жаровня (рис.2.5) застосовується у комплекті з форпресами та обігрівається паром крізь сорочки у днищах 11 та обичайках 10, що охоплюють кожен чан за висотою.



1 – випускний клапан, 2 – патрубки для термометрів, 3 – ножі, 4 – перепускні сегментні клапани, 5 – чани, 6 – вентилятор, 7 – редуктор з електродвигуном, 8 – вал, 9 – верхній завантажувальний клапан, 10 – парові сорочки обичайок, 11 – парові сорочки днищ, 12 – проміжні підшипники вала жаровні, 13 – люки, 14 – трубки для мащення підшипників.

Рис. 2.5 – Жаровня п'ятичанна

Чани 5 розміщені один над одним так, що виточки днища верхнього чана щільно входять у пази нижнього. М'ятка завантажується до верхнього приймального чану жаровні крізь верхній завантажувальний клапан 9 й далі по мірі смаження переходить вниз до наступного чану крізь перепускні клапани для мезги 4, виконані у вигляді заслінок. Ці клапани одночасно відіграють роль поплавків, що припиняють наповнення чану при досягненні повної товщини шару мезги (до 30 мм). Вихід готової мезги відбувається крізь випускний клапан 1 у нижньому чані. Верхні та нижні чани обладнані паровими та водяними патрубками. Перемішування мезги у процесі смаження виконується ножами 3, що насаджені на загальний для всіх чанів вал 8. Вал приводиться в дію за допомогою електродвигуна з редуктором 7. Герметизація чанів дозволяє відсмоктувати за допомогою вентилятора 6 насичене водяною парою повітря з чанів без зайвого підсмоктування повітря.

Таблиця 2.8

Технічна характеристика п'ятичанної жаровні

Продуктивність, т/год	3
Розміри чанів, мм:	
діаметр	2000
висота	718
Поверхня нагріву, м ² :	
сорочок обичайок	13,1
днищ	15,14
Робочий тиск у парових сорочках, ат	5
Потужність, кВт	24
Габаритні розміри, мм	2430×2150×3920
Маса, кг	2150

2.6 Видалення олії пресуванням

Методика одержання олії з оліємісної сировини шляхом пресування полягає [2] у всебічному стисканні заздалегідь підготовленої мезги у пресах різної конструкції. Початкова мезга являє собою сипкий порожнистий матеріал. Під час всебічного стиснення під дією прикладеного тиску спостерігається два тісно між собою пов'язаних процеси:

- 1) відділення рідкої частини – олії;
- 2) з'єднання (сплавлення) твердих часточок матеріалу з утворенням брикету – макухи.

Спрощена схема процесу відтискання олії наведена на рис. 2.6 [4]. Відділення олії від гелевої часточки може бути представлено наступним чином. Початкова мезга містить велику кількість олії на поверхні часточок і всередині їх, а самі часточки розділені повітряними проміжками (рис. 2.6, а). У початковий період всебічного стиснення мезги, хоча й починається деформація часточок та поєднання їх у місцях окремих контактів, переважає процес витискання повітря та зменшення проміжків в шарі між часточками. Окремі проміжки повністю заповнені олією, яка знаходилась на поверхні часточок. У цей період тільки починається витискання олії зі зменшуваних проміжків між часточками (рис. 2.6, б). Основна кількість олії відтискається при значному ущільненні самих часточок – їх деформації та з'єднанні. Коли зближуються внутрішні поверхні часточок, відбувається відділення олії вже з їх внутрішніх поверхонь. При зближенні внутрішніх та зовнішніх поверхонь проміжки між часточками значно зменшуються й повністю заповнюються олією (рис. 2.6, в).

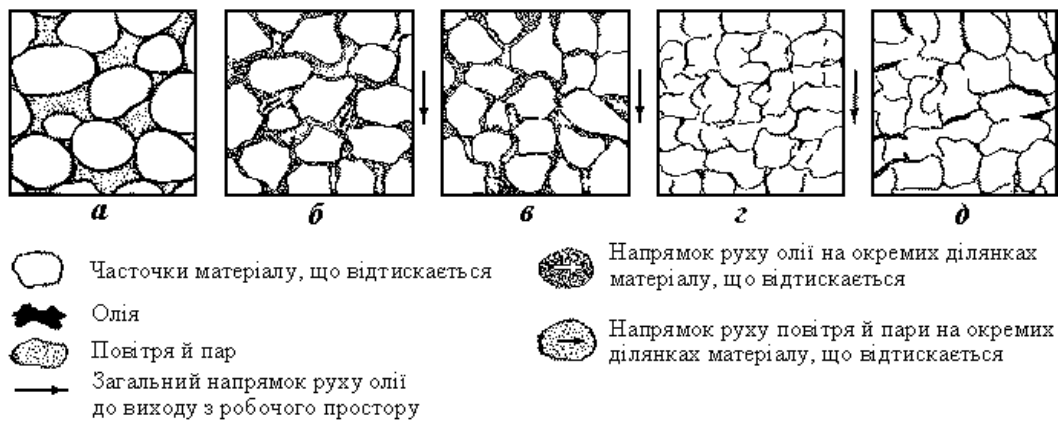


Рис. 2.6 – Спрощена схема процесу відтискання олії при всебічному стисканні

Як було зазначено раніше, найбільшу енергію зв'язку мають мономолекулярні шари олії, які прилягають до поверхні часточок. Енергія зв'язку зменшується зі збільшенням відстані від поверхні, тому швидкість посеред потоку олії найбільша, а шари, які прилягають до поверхні, нерухомі., хоча на цьому етапі проміжки між часточками стають найбільшими й відбувається з'єднання їх; капсулювання олії у товщі часточок незначне.

При різкому зменшенні поперечного перетину залишившихся каналів (проміжків) між часточками, коли на зближених поверхнях лишаються мономолекулярні шари олії, відтискання припиняється, так як адсорбовані плівки олії не можуть бути відтиснені. (рис.2.6, г). На практиці залишок олії буває збільшеним у порівнянні з олією, яка утримується мономолекулярними шарами, так як плівки олії розриваються й безпосередній контакт окремих ділянок порушується. Окрім того, можливе значне капсулювання олії в результаті завершеного процесу з'єднання часточок.

З'єднання окремих часточок мезги у брикет макухи відбувається так: у початковий період пресування окремі часточки зближуються завдяки зменшенню проміжків між ними (рис.2.6, б), потім вступають у безпосереднє доторкання й тиснуть одна на одну (рис.2.6, в). Це призводить до деформації окремих часточок та їх з'єднання у місцях розриву олійних плівок. Настає період, коли мезга веде себе не як сипке, а як ціле пластичне тіло. При

підвищенні тиску з'єднання часточок призводить до утворення гелевого порожнистого тіла – брикету макухи. Але в макусі лишаються проміжки між часточками та групами часточок з утворенням суцільних та тупикових пор. Можливе запресовування олії у цих порах, її капсулювання у товщі макухи (рис.2.6, г). Після зняття тиску під дією пружних деформацій у макусі утворюються дрібні пори або крупні тріщини. Тому можливе зворотне поглинання олії, яка ще не витекла з пресу (рис.2.6, д).

Звідси, залишкова олійність макухи складається з капсульованої у окремих ділянках олії, олії, зв'язаної із зовнішньою поверхнею часточок та внутрішньою поверхнею пор та тріщин, а також олії, яка лишилась у незруйнованих під час подрібнення та смаження клітинах.

2.6.1 Фактори, що впливають на повноту видалення олії та продуктивність преса

Підготовлена до пресування мезга крізь живильний пристрій пресу потрапляє на перший приймальний виток валу та при нормальній роботі повністю заповнює його та весь вільний об'єм в зоні живлячого валка.

Між зеєрним циліндром та шнековим валом, що обертається всередині нього, лишається вільний простір – гвинтовий канал, по якому переміщується пресуємий матеріал після захоплення його приймальним витком шнекового валу. Основний принцип роботи шнекового пресу – стискання мезги при її русі по зеєру – досягається послідовним зменшенням вільного об'єму окремих шнекових витків [2], а звідси, й усього пресуючого тракту в цілому. Мезга, яка поступає в прес, має велику кількість порожнин між часточками й від 20 до 60% олії, яка знаходиться на поверхні часточок і всередині них. Тому для зменшення зовнішньої поверхні мезги та створення тиску на неї послідовно зменшується вільний об'єм гвинтового каналу по довжині шнекового валу.

Зменшення вільного об'єму каналу по довжині шнекового валу призводить до виникнення тиску від бічних стінок витків в результаті підпірної дії часточок матеріалу, що переміщуються від попереднього

шнекового витку з більшим вільним об'ємом до наступного витку з меншим вільним об'ємом. На величину тиску впливає також регулювальний пристрій, який встановлюється на виході матеріалу з пресу. На першому витку матеріал містить значну кількість порожніх пор і суттєвого зміцнення білкової частини мезги не відбувається. До кінця першого витка в результаті зближення зовнішніх поверхонь часточок, пов'язаного зі зменшенням вільного об'єму другого та наступних витків, відбувається ущільнення матеріалу й у ньому лишаються тільки порожнини, заповнені олією.

Під дією зростаючого тиску у зоні другого та наступних витків відбувається інтенсивне відтискання олії. Наприклад, у форпресі [2] зменшення вільного об'єму, стиснення та відтискання продовжуються до п'ятого витка включно. Часточки матеріалу одержують більш щільне пакування, збільшуються їх деформації, які супроводжуються руйнуванням та збільшенням площі контакту олії та гелевих часточок. Ці явища одночасно супроводжуються процесом деякого подрібнення часточок, утворенням нових поверхонь контакту олії і гелевої частини та злипання часточок. Але уздовж каналу до п'ятого витка на форпресі матеріал ще має розсипчасту структуру. Це пов'язано з тим, що внутрішнє тертя у матеріалі менше, ніж зовнішнє, тобто тертя матеріалу о поверхні пресуючого тракту.

До шостого витку відтискання практично закінчується, відбувається злипання та зміцнення білкових часточок, пов'язане з нагріванням та великими тисками. Внутрішнє тертя становиться більше зовнішнього. Матеріал, що пресується набуває властивостей пружнєопластичного тіла й має сталу щільність.

Основна кількість олії (до 98% з видаленого) відтискається у першій половині пресу, що підтверджується й характером зміни олійності макухи по довжині валу (рис. 2.7): повільна зміна на самому початку й у кінці валу та значна до середини. Максимальна кількість олії відтискається в зоні першої та другої ступені тиску.

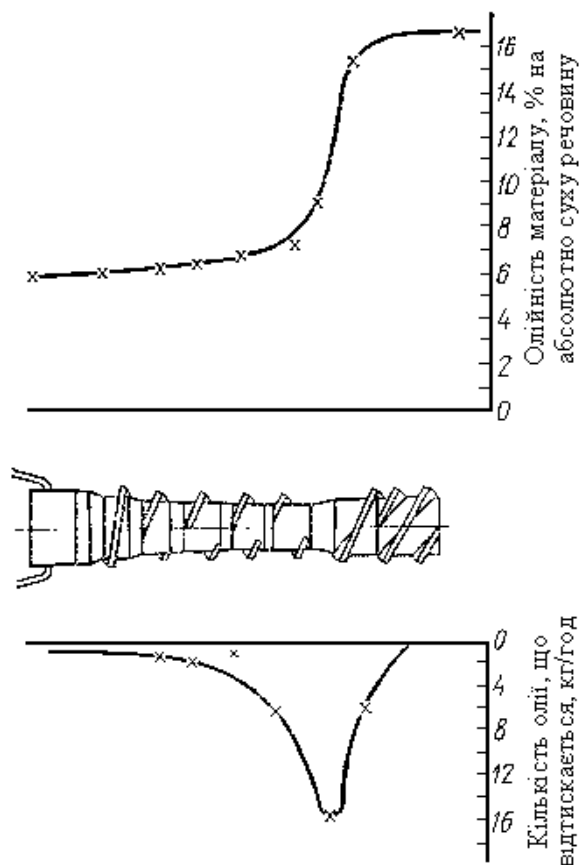


Рис. 2.7 – Зміна олійності матеріалу й кількості відтиснутої олії по довжині шнекового валу пресу ЕП

Переміщення матеріалу крізь прес супроводжується складними процесами. Теоретично можливі два крайніх варіанти руху матеріалу: обертовий та аксіально-поступовий. Обертовий рух можливий у тому випадку, якщо тертя між матеріалом та витком і між часточками матеріалу більше, ніж тертя матеріалу о циліндричну поверхню зеєру. Тому необхідно зменшувати величину тертя між часточками матеріалу й тертя по витках шнекового валу та збільшити тертя матеріалу о зеєр. Обертовий рух значно зменшується при встановленні ножів, шліфуванні валів та «заєршеності» внутрішньої поверхні зеєру.

Якщо сили тертя між матеріалом та леєром у осьовому напрямку рівні нулю, а сила тертя між матеріалом та внутрішньою поверхнею зеєру у тангенціальному напрямку має кінцеве значення, то спостерігається лише поступовий рух, якому перешкоджає тертя матеріалу о вал та опір по каналу,

включаючи опір конуса. Фактично часткове прокручування матеріалу разом з валом та рух у аксіальному напрямку приводить до того, що загальний його потік уздовж каналу рухається за деякою спіраллю зі збільшуючимся кроком у бік виходу. Доведено, що матеріал рухається по каналу складного профілю й у зв'язку з цим окремі часточки та шари матеріалу мають різні швидкості й траєкторії руху як за величиною, так і за напрямком.

Дослідження стану робочих поверхонь валу й характеру виходу макухи показують, що відбувається проковзування матеріалу по поверхні валу, причому воно зростає по мірі руху матеріалу від вхідної зони до зони виходу. Характер руху матеріалу у перед конусній камері й у конусі, відмінний, ніж між витками. По гвинтовому каналу мезга переміщується по спіралі зі збільшуючимся кроком, а у зоні розвантаження вона рухається паралельно вісі пресу як твердий циліндричний шар з товщиною самого вузького місця.

Під час роботи шнекових пресів можливий зворотній хід матеріалу крізь зазор між кромкою витка та внутрішньою поверхнею циліндра, у розрив пера витків та уздовж каналу шнеку.

2.6.2 Вплив тиску на процес відтискання у пресі

Рушійною силою процесу відтискання є тиск, що розвивається у пресі. Глибина відтискання залежить від характеру наростання тиску, максимального його значення й тривалості перебування матеріалу під тиском [4]. Тиск, що розвивається в пресі, у свою чергу в більшій мірі визначається властивостями готової мезги. Для найбільш повного відтискання олії необхідно певне сполучення пружних та пластичних властивостей мезги.

Пластичність мезги, оптимальна для того чи іншого виду пресування (попереднє чи завершальне) й перероблюваного матеріалу, досягається прийнятими режимами смаження. Відхилення від оптимального сполучення вологості і температури мезги призводить до порушення процесу пресування. При пересушуванні й пресуванні мезги пониженої пластичності стік олії зміщується в бік виходу з пресу, а пресований матеріал починає виходити у

вигляді сухого, жорсткого високоолійного борошна або крупки. Навантаження на електродвигун пресу спочатку підвищується, з повним припиненням формування ракушки різко падає.

Перезволожена, з підвищеною пластичністю мезга не формується у вигляді макухової ракушки, а виходить у вигляді безформної пластичної маси. Стік олії переміщується в бік входу матеріалу. Значна кількість мезги виходить крізь зеєрні щілини, а стік олії потім практично припиняється. Навантаження на електродвигун також знижується.

Підвищення, як і зниження, навантаження на привід пресу є наслідком зміни тиску на пресований матеріал. Зростання тиску під час пресування мезги пониженої пластичності є наслідком збільшення опору самої мезги по мірі ущільнення та відтискання. Пониження тиску при перезволоженості мезги пояснюється невеликим ступенем ущільнення та відтискання в результаті пресування мезги підвищеної пластичності й зниженого її опору.

Звідси, пластичні властивості мезги, які були одержані у процесі смаження, є одним з основних факторів, визначаючих величину тиску в пресі. Пластичність мезги, впливаючи на величину тиску, визначає в значній мірі й глибину відтискання.

Величина питомого тиску в зеєрі пресу є функцією конструктивних особливостей тракту, геометрії регулювального пристрою, який визначає товщину макухи, режиму роботи пресу й пластичних властивостей мезги, що визначаються технологічними параметрами й властивостями перероблюваного матеріалу.

2.6.3 Ступінь стиснення теоретична й дійсна та зміна об'єму пресованого матеріалу

У ході пресування відбувається зменшення об'єму (стиснення) пресованої мезги в результаті витікання олії, витискання й вимивання часточок, випаровування вологи й ущільнення матеріалу [4]. Під фактичним, або фізичним, ступенем стискання розуміється відношення об'єму мезги, що

поступив до пресу, до об'єму матеріалу, який виходить з пресу. Ступінь стискання матеріалу залежить від багатьох конструктивних факторів, технологічних режимів роботи, роду оліємісної сировини. Існує також поняття теоретичного, або геометричного ступеню стискання, яка являє собою відношення теоретичної об'ємної продуктивності першого та останнього витків за один повний оберт валу при коефіцієнті заповнення, рівному одиниці, відсутності провертання матеріалу й його зворотного руху.

Різниця між теоретичним й фактичним ступенем стискання полягає у тому, що теоретичний ступінь стискання не враховує механізму просування матеріалу крізь прес й його фізико-механічні властивості.

Олійність макухи знаходиться у зворотній залежності від ступеню стискання матеріалу.

У таблиці 2.9 наводяться дані про ступінь стискання соняшникової мезги (ϵ) у процесі її пресування у шнекових пресах та олійності матеріалу (М, %) по довжині верхнього зеєру преса.

Таблиця 2.9

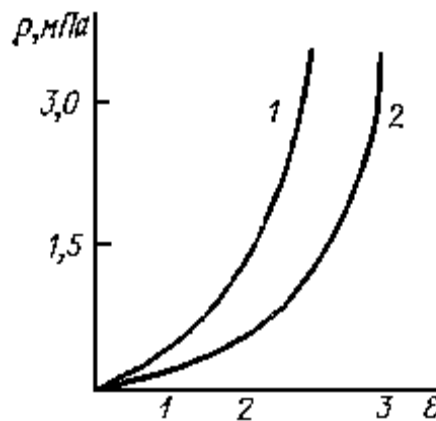
Залежність ступеню стиснення мезги та олійності матеріалу по довжині пресу

Показник	Номер витку						
	1	2	3	4	5	6	7
ϵ	1	—	1,7	2,15	2,52	2,70	2,72
М, %	39,0	38,10	34,90	26,10	15,10	13,03	12,90

За ступенем стискання мезги можна судити про її пружні й пластичні властивості.

Згідно досліджень крива залежності між тиском (р) й ступенем стискання (ϵ) із підвищенням тиску вище 0,4-0,7 МПа стає все більш крутою (рис. 2.8). Це означає, що матеріал ущільнюється й усе більше опирається стисканню. Причому при однаковій температурі й тиску при вологості 7,3%

(крива 2) матеріал більш пластичний й стискається у більшому ступені, ніж при вологості 2,3% (крива 1). Звідси, стосовно олійного матеріалу з вологістю 2,3% можна сказати, що він має більш пружні властивості. Зміцнення пов'язане з хімічними перетвореннями білкової частини матеріалу, які відбуваються під впливом нагрівання й тиску, та зі змінами на поверхні розділу твердої і рідкої фаз.



1 – стискання м'ятки з вологістю 2,3%;

2 – стискання м'ятки з вологістю 7,3%

Рис. 2.8 – Діаграма пресування соняшникової м'ятки при температурі 70°C:

Зменшення об'єму (стискання) призводить до зміни такої найважливішої фізичної характеристики матеріалу, що рухається в пресі, як щільність.

2.6.4 Вплив температури на процес відтискання у пресі

На глибину відтискання й якісні показники олії й макухи впливає температура самого процесу пресування [4]. Як вже відмічалось, співвідношення вологості й температури мезги визначає її пружні й пластичні властивості, впливає на величину тиску в пресі й у кінцевому випадку – на глибину відтискання олії. На холодному, не розігрітому пресі неможливо забезпечити формування міцної макухової ракушки й необхідну глибину відтискання. Розігрівання пресів невеликою кількістю гарячої готової мезги при їх пусканні ведеться до температури 70-80°C. У окремих

конструкціях пресів виконаний підвід пари до внутрішньої порожнини шнекового валу пресу на період пуску. При температурі 70-80°C починається формування стійкої ракушки макухи й нормальне стікання олії. З'являється можливість досягнути повної продуктивності пресу й відрегулювати товщину макухи.

У подальшому при нормальній роботі пресів попереднього відтискання (форпресів) температура пресування підтримується за рахунок температури мезги, що подається з жаровні. Як правило, тепло, яке виділяється при терті мезги о зеєр та шнековий вал, і внутрішнє тертя під час перемішування не перевищують величину втрат тепла й витрачаються на підтримання оптимальної величини температури пресування. Зовнішнє тертя о зеєр й шнековий вал і внутрішнє тертя часточок мезги під час перемішування є причиною більш значного зростання температури у леєрному циліндрі пресів завершу вального пресування (експелерів). Це пояснюється більш жорсткою структурою пресованого матеріалу й підвищеними температурою й тиском при пресуванні.

Перегрівання матеріалу приводить до погіршення показників роботи пресу. Висока температура в леєрному просторі під час олії у експелерах викликає підгоряння поверхні макухи, підвищення її олійності й підвищення колірності відтисненої олії.

У деяких експелерах виконане охолодження шнекового валу шляхом подання води до його внутрішньої порожнини й зрошення зеєрних циліндрів охолодженою олією. У останньому випадку поряд з охолодженням струмів олії змиває з поверхні зеєра частину осипу, що виходить крізь зазори між зеєрними пластинами.

2.6.5 Тривалість пресування

При нормальному навантаженні в шнековому пресі тривалість пресування приблизно дорівнює або близька за значенням до часу перебування матеріалу в пресі, так як після захоплення матеріалу шнековим

валом він починає ущільнюватись відразу чи у просторі між першим та другим витком [2]. Тривалість пресування є важливим фактором, що впливає на продуктивність пресу й глибину відтискання. Чим більша тривалість пресування, тим до відомих меж повніше відтискання олії, й у той же час чим вище тривалість проходження матеріалу крізь даний прес, тим за інших рівних умов нижче його продуктивність. Час перебування матеріалу у пресі (тривалість пресування) в свою чергу залежить від геометрії каналу, швидкості обертання валу, величини вихідної щілини, характеру пересування матеріалу крізь прес, фізико-механічні властивості матеріалу й т. ін.

Преси неглибокого, попереднього відтискання – форпреси – працюють при більших обертах шнекового валу й більшій ширині вихідної кільцевої щілини для макухи, ніж преси глибокого остаточного відтискання.

Деякі результати експериментальних визначень середньої тривалості проходження мезги з насіння соняшнику крізь шнекові преси наведені у таблиці 2.10 [4].

Таблиця 2.10

Середня тривалість проходження мезги з насіння соняшнику
крізь шнекові преси

Пресування	Тип пресу	Частота обертання шнекового валу, об/хв	Товщина макухової ракушки, мм	Середня тривалість проходження матеріалу крізь прес, с
Однократне	МП-21	35,6/23	3,2-5,6	124-182
Попереднє	ФП	20	9-12	50-54
	ФП	24	9-12	45
Остаточне	ЕП	5,5	9-12	200-273

Згідно таблиці 2.10 тривалість попереднього пресування на форпресах менша, ніж при однократному пресуванні на пресі МП-21 й особливо при

остаточному пресуванні на експелері ЕП. Особливо чітко прослідковується залежність тривалості пресування від частоти обертання шнекового валу для пресів попереднього й остаточного пресування ФП і ЕП. Але у цьому випадку на тривалість пресування можуть в різному ступені впливати різниці геометричних розмірів пресуючого тракту й фізико-механічні властивості матеріалу, який має різні характеристики для попереднього й остаточного пресування. На тривалість пресування у цьому випадку можуть впливати також різна ширина вихідної кільцевої щілини, яка визначає товщину ракушки.

Щоб виключити вплив усіх вказаних факторів, розглянемо тривалість пресування для пресу ФП при різній частоті обертання валу й однаковій товщині макухової ракушки. Згідно таблиці 2.10, при збільшенні частоти обертання з 20 до 24 об/хв. Тривалість проходження матеріалу крізь прес зменшується з 50-54 до 45 с. Це пояснюється тим, що при збільшенні швидкості обертання шнекового валу зростає швидкість переміщення матеріалу шнеком й відповідно знижується час проходження крізь одну й ту ж довжину леєрної камери від місця входу матеріалу до місця виходу макухи за однієї ширини щілини.

На тривалість пресування впливає заповнення матеріалом приймального витка шнекового валу. Зменшення інтенсивності живлення пресу, зношення шнекових витків, зєрних пластин, зношення або поломка ножів приводять до збільшення тривалості пресування. При нормальній роботі пресу зниження частоти обертання шнекового валу й пов'язане з цим збільшення часу пресування супроводжується зниженням продуктивності й певним зниженням олійності.

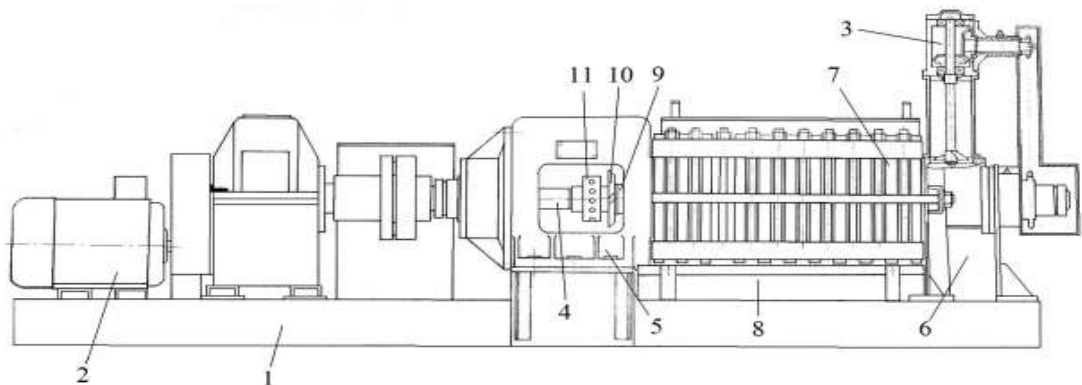
2.6.6 Техніка для видалення соняшникової олії методом пресування

Видалення соняшникової олії методом пресування виконується на шнекових пресах. Для однократного пресування на олійницях з малою продуктивністю використовується шнековий прес ПМ-650 (рис. 2.9) [9].

Прес складається з наступних основних вузлів: рами 1, приводу 2, живильника 3, валу шнекового 4, опор валу 5 та 6, камери зеєрної 7 та піддону 8.

Рама 1 є базою для монтажу вузлів та механізмів преса. Рама являє собою жорстку суцільнозварну конструкцію. Вона встановлюється на фундамент та закріплюється анкерними болтами.

Привід 2 складається з електродвигуна, редуктора, клинопасової передачі, ланцюгової муфти та призначений для обертання валу преса 4, живильника 3, подавання прожареної мезги.



1 – рама, 2 – привід, 3 – живильник, 4 – вал, 5 – задня опора, 6 – передня опора, 7 – зеєрна камера, 8 – піддон, 9 – конусний механізм, 10 – ніж, 11 – маховик.

Рис. 2.9 – Прес віджиму олії ПМ-650

Живильник призначений для подавання мезги до зеєрної камери 7 преса. Живильник складається приймальної камери та ворушилки. Ворушилка являє собою виток шнеку, насаджений на вал, який приводиться в обертання через конічний редуктор та клинопасову передачу. Її призначення запобігати зависанню маси мезги у приймальній камері й відповідно більш рівномірне завантаження пресу.

Вал 4 обертається у підшипниках, встановлених в опорах 5,6. Вал 4, з насадженими на нього шнековими ланками та проміжними кільцями, призначений для відтискання прожареної мезги соняшника у зеєрній камері 7. Шнекові ланки слугують для відтискання та переміщення м'ятки по леєрній камері на вивантаження.

Зеєрна камера 7 складається з двох частин, з'єднаних між собою шпильками та розділена на чотири напівкамери, кожна половина якої являє собою збірний вузол зі з'єднувальних планок та хомутів. Зеєрна камера 7 зібрана з планок, між якими для виходу відтисненої олії, є зазори. Кожна камера має свої зазори, що розміщені у наступній послідовності: перша камера – 0,8 мм; друга камера – 0,6 мм; третя камера – 0,35 мм; четверта камера – 0,25 мм (рахування камер ведеться з боку живильника).

У з'єднанні між двома половинами, встановлюються два чистики, що рихлять пресований матеріал.

Під зеєрною камерою 7 встановлений піддон 8, що призначений для збору олії, витисненої з камери відтиску олії.

Регулювання роботи камери відтиску олії та вихід макухи виконується конусним механізмом 9, що складається з конуса, з'єднувальної та направляючої втулок, маховика.

На маточині конусного механізму 9 встановлюється ніж 10, який додатково подрібнює та вивантажує макуху з внутрішньої порожнини опори 5.

Таблиця 2.11

Технічна характеристика преса відтиску олії ПМ-650

Продуктивність, т/год	0,65
Частота обертання вала преса, об/хв не менше	9
Залишкова маслянистість макухи, %	7-10
Потужність електродвигуна, кВт не більше	7,5
Габаритні розміри, мм	2910×1400×1270
Маса, кг	2200

2.7 Первинне очищення олії

Рослинні олії, як пресові, так й екстракційні, являють собою складну багатокомпонентну систему, у якій містяться механічні домішки й цілий ряд супутніх речовин [4].

Механічні домішки потрапляють до олії під час її одержання й являють собою тверді часточки оліємісного матеріалу. Тривалий їх контакт з олією знижує її якість та біологічну цінність, погіршує органолептичні властивості, виникають складності на наступних етапах переробки й т. ін..

Високоякісні рослинні олії можуть бути одержані тільки після ретельного проведення їх очищення, яке можна умовно поділити на первинне й наступне, більш глибоке, що називається рафінацією.

Первинне очищення являє собою видалення з олії механічних домішок й тому є невід'ємною частиною загального процесу виробництва рослинної олії й виконується безпосередньо після її видалення без значного розриву у часі між стадіями одержання та очищення.

2.7.1 Домішки та речовини, супутні олії

Механічні домішки. Присутність їх в олії зумовлена в основному присутністю часточок мезги та макухи. Дрібні часточки виносяться потоком олії крізь зеєрні щілини пресів, а більш великі витискаються при просуванні пресованого матеріалу у зеєрі.

Все це призводить до утворення полідисперсних олійних суспензій, де олія є дисперсійним середовищем, а часточки мезги та макухи – дисперсною фазою.

Величина цих часточок коливається у широких межах – від декількох міліметрів до 2...4 мкм, а їх вміст може бути від 2 до 10%. Щільність часточок твердої фази складає 1100...1400 кг/м³.

У олії також завжди присутня деяка кількість вологи, яка потрапляє у результаті волого-теплової обробки матеріалу.

Якісний та кількісний склад дисперсної фази залежить від виду олії, якості насіння, способу та режимів видалення, структури та механічних властивостей оліємісного матеріалу й т. ін.

Присутність у олії твердих домішок призводить до її окислення, ферментативному гідролізу й т. ін. Усі ці процеси найбільш інтенсивно протікають на розвиненій поверхні часточок твердої фази, на якій у присутності вологи, а в порах і повітря, спостерігається висока активність ферментів та інтенсифікація процесів окислення. Тривалість контакту механічних домішок білкового походження з олією при відносно високій температурі сприяє протіканню цукроамінної реакції, денатурації білкових речовин, утворенню липо протейнових комплексів, переходу одорируючих речовин до олії й т. ін.

Тому прагнуть до швидкого й можливо більш повному видаленню з олії нерозчинних механічних домішок.

Речовини, супутні олії. Їх умовно поділяють на дві групи:

перша – ті, що містяться у насінні й переходять до олії у мінімально зміненому стані; друга – ті, що містяться у насінні та змінюються у процесі видалення та зберігання олії, а також утворені з різних речовин під дією зовнішніх факторів.

До першої групи належать ліпіди складного складу, такі як фосформісні, воскові та красильні речовини, вільні жирові кислоти, різні спирти та ін.; до другої – продукти окислення гліцеринів: низькомолекулярні жирні кислоти, кетони, альдегіди, оксикислоти й т. ін.

2.7.2 Технологія та техніка первинного очищення олії

Видалення з олії механічних домішок відноситься до проблеми розділення суспензій [4]. При виборі технологічних режимів, обладнання та технологічної схеми очищення рослинної олії необхідно враховувати властивості розділення складної суспензії.

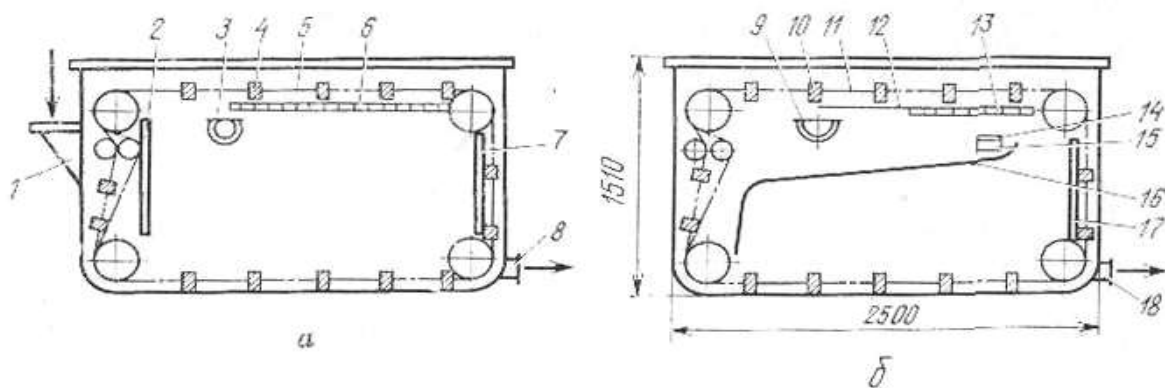
Тому первинне очищення проводиться у дві послідовні стадії: перша – попереднє очищення, призначене для видалення більш крупних часточок, друга – тонке, для видалення більш дрібних часточок, у результаті якого одержують необхідний ступінь очищення.

Для розділення суспензій можуть використовуватись наступні способи: відстоювання, центрифугування та фільтрація. У перших двох способах часточки дисперсної фази рухаються у дисперсному середовищі. При цьому розділення суспензій в результаті осадження може проходити у полі гравітаційних (при відстоюванні) та відцентрових сил, у електростатичному та магнітному полі. При фільтрації дисперсійне середовище рухається, а часточки дисперсної фази нерухомі.

Відстоювання. Застосовується на першій стадії попереднього очищення для видалення з олії великих часточок.

Відстоювання може бути прискорене зниженням в'язкості олії за рахунок підвищення температури. Однак температури зазвичай обмежують, так як можливе зворотнє розчинення у олії деяких супутніх речовин, які при наступному охолодженні знову випадають з олії.

Для відстоювання відпресованої олії використовуються одинарні та подвійні гущеловки [5]. На рис.2.10 зображена подвійна гущеловка. Вона складається з двох відсіків: перший (рис.2.10, а) слугує для попереднього, а другий (рис.2.10, б) – для остаточного відстоювання олії.



а – перший відсік; б – другий відсік

Рис. 2.10 – Подвійна механізована гуще ловка:

Олія, яка містить грубі механічні домішки, потрапляє до першого відсіку крізь кишеню 1. Перетинка 2 спрямовує її до нижньої частини гущеловки, завдяки чому не відбувається змішування частини олії, яка відстоялася, зі знову поступаючою й створюються умови для більш повного відстоювання.

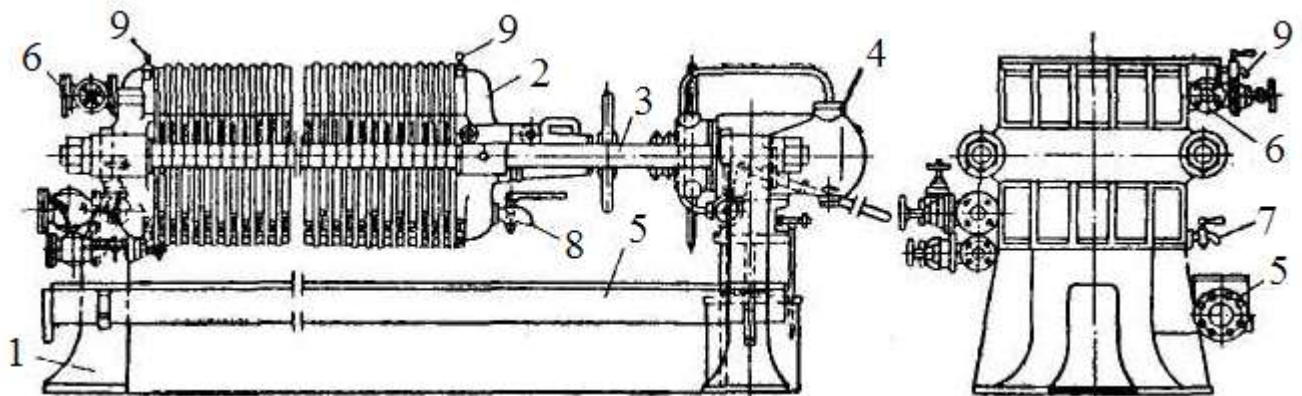
Механічні домішки осідають на днище вловлювача, потім скребками 4, закріпленими до рухомого безперервного ланцюга 5, подаються на сітчасту поверхню 6. Тут вони звільнюються від частини олії й скидаються напівзнежиреними до шнеку 3. Перетинка 7 у першому відсіку слугує для підтримання осаду на скребках під час вертикального переміщення. Олія крізь щілину 15 потрапляє до другого відсіку. Козирок 14 запобігає олію, що зливається, від змішування з більш мутною, яка відділяється на сітчастій поверхні 13. Олія по лотку 16 спрямовується до нижньої частини відсіку. Відстояні частинки видаляються з відсіку скребками 10, що закріплені до рухомого ланцюга 11, й спрямовуються на сітчасту поверхню 13, а потім на гладкий сталевий лист 12, з якого скидаються до шнеку 9. Для підтримування осаду на скребках слугує перетинка 17. Очищена олія виводиться з апарату. Патрубки 8 та 18 слугують для зливу олії з гущеловки. Апарат може бути герметизований, й це дозволяє відстоювати олію у атмосфері інертного газу.

Продуктивність – 8...10 т/год олії, робоча місткість відсіків – першого та другого – по 2м³. Час перебування олії у апараті 15...20 хв. Вміст не жирових домішок: до очищення до 10 %, після очищення – 0,3...0,5 %.

Фільтрація. Фільтрація є широко використовуваним способом видалення тонкодисперсних часточок. Сутність його полягає у пропусканні олії крізь достатньо пористу перетинку. Олія проходить крізь пори фільтруючого матеріалу, а взважені часточки, розмір яких більше розмірів пор, затримуються на його поверхні, утворюючи осад. Цей осад оказує дуже значний вплив на процес фільтрації, так як накопичуючись він сам слугує фільтруючою перетинкою. В залежності від якості фільтруючої перетинки та

режиму фільтрації можна досягти різного ступеню фільтрації. Осад, що утворюються при фільтрації олії (фосфатиди, білки, слиз й т. ін.), належать до тих, що стискаються. Тому фільтрацію олії доводиться переривати при накопиченні на фільтрі порівняно невеликого шару осаду.

Для фільтрації широко застосовується фільтрпрес з гідравлічним затискачем (рис. 2.11) [5].



1 – станина, 2 – головна плита, 3 – опорні балки, 4 – гідравлічний затвор, 5 – збірний жолоб, 6 – штуцер для впуску олії, 7 – крани для виходу олії, 8 – контрольний кран для випуску олії, 9 – крани для випуску повітря.

Рис.2.11 – Фільтрпрес з гідравлічним затвором

Фільтрпрес складається зі станини 1 у якій розміщені опорні балки 3 з насадженим на них набором з 29 плит та 30 рам розміром 800×800 мм. Набір плит та рам щільно стискаються головною плитою 2 під дією гідравлічного затвору 4. Олія, що подається крізь штуцер для впускання олії 6, проходить під тиском 3,9-5,9 Н/м² крізь набір рам з фільтрувальною тканиною та виводиться крізь крани для виходу олії 7. Фільтрпрес обладнаний не тільки патрубками для входу та виходу олії, але й патрубками для повітря, що подається для продування шламу.

Ступінь очищення олії від завислих часток залежить від виду фільтрувальної тканини, продуктивність від стану домішок. Вологий шлам швидко забиває пори фільтрувальної тканини та, утворюючи важкопроникну

корку, сповільнює або зовсім призупиняє процес фільтрації. У початковий період фільтрації спостерігається прохід мутної місцели крізь чисті серветки та чиста олія починає виходити з фільтрпреса лише після того, як на поверхні серветки утвориться шар фільтрпресового шламу завтовшки 0,5 – 1,0 мм.

Таблиця 2.12

Технічна характеристика фільтрпреса з гідравлічним затвором

Продуктивність, т/год	1,9
Температура олії, °С	60
Робочий тиск, Н/м ²	3,9-5,9
Загальна фільтруюча площа, м ²	31,92
Габаритні розміри, мм	1870×830×1150
Маса, кг	1150

Фільтрацію можна вести при сталому тиску або при сталій швидкості. Зазвичай фільтрацію олії ведуть при сталій швидкості, але змінному тиску. Тиск залежить від кількості осаду в олії, її температури, типу фільтруючої перетинки. При значній кількості осаду, зниженні температури фільтрації, збільшенні щільності фільтруючої перетинки необхідно створювати більший тиск, однак не більше ніж до 0,15...0,2МПа.

Осадження у відцентровому полі. Цей спосіб є найбільш досконалим для видалення дрібних взважених часточок. Важливою характеристикою центрифуг є фактор розділення, що залежить від радіусу обертання та частоти обертання ротору. Роздільна дія центрифуги зростає пропорційно збільшенню фактору розділення.

Висновки

У другому розділі дипломної роботи розглянуто по операційно технологічну схему виробництва соняшникової олії пресовим методом. Проведено аналіз впливу основних технологічних факторів проведення

кожної операції й визначено їх рекомендовані значення. Здійснено огляд технічних засобів, які забезпечують виконання технологічних операцій виробництва соняшникової олії. Розглянуто рекомендації щодо покращення режимів роботи цього обладнання.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Підготовка досліджень

Технологічна схема видобування соняшникової олії пресовим способом складається з багатьох технологічних операцій підготовки сировини, її обробки та перетворення до стану, за якого досягаються найкращі кількісні та якісні показники власне процесу відтискання. Кожна з технологічних операцій в процесі виробництва повинна виконуватись за певним режимом, що в свою чергу складається з сукупності певних умов та параметрів. Й саме тому від вірного, тобто науково обґрунтованого визначення значень цих параметрів залежить ефективність усієї технологічної схеми.

Як відомо, показником, що відображає ефективність видобування соняшникової олії є залишкова олійність макухи або кількість олії, яку не відокремили від сировини. Таким чином, чим більше одержано олії з одиниці сировини, тим краще підібрані умови і параметри виробничих технологічних процесів. Але інколи для забезпечення максимального виходу олії необхідно встановлювати такі режими, які вимагають значного збільшення витрат на їх забезпечення або різкого падіння продуктивності лінії.

Саме тому метою досліджень дипломної роботи є: визначення впливу основних технологічних аспектів пресового способу виробництва соняшникової олії на величину виходу олії і визначення оптимальних режимів роботи лінії.

Завдання, які необхідно для цього виконати:

- 1) Провести теоретичний огляд технологічних аспектів виробництва соняшникової олії пресовим способом;

2) Провести аналіз роботи обладнання виробничої лінії базового підприємства Агрофірми «Батьківщина», з метою визначення можливих недоліків у режимах його роботи;

3) Виконати роботи по плануванню, підготовці й проведенню експериментальних досліджень;

4) Провести аналіз одержаних в результаті експериментальних досліджень даних;

5) Розробити практичні рекомендації по впровадженню теоретично та експериментально аргументованих режимів роботи машин і обладнання у виробничій лінії Агрофірми «Батьківщина».

За основу прийнята технологія та технічне забезпечення виробництва соняшникової олії, що використовуються у олійниці Агрофірми «Батьківщина» Вінницького району Вінницької області. Дане виробництво забезпечується технологічною схемою, яка включає наступні операції й відповідне обладнання:

- очищення насіння від сторонніх домішок (сепаратор ЗСМ-5);
- обрушування насіння (насіннерушка МНР);
- виділення лузги з обрушеного насіння (війка аспіраційна МІС-50);
- подрібнення ядра соняшнику з одержанням м'ятки (плющилка п'ятывальцева ВС-5);
- обсмажування м'ятки з одержанням мезги (жаровня п'ятичанна);
- відтискання олії з мезги (прес віджиму олії МП-21);
- первинне очищення соняшникової олії (гуцеловка механізована та фільтр-прес з гідравлічним затвором).

Перелічені технологічні операції на підприємстві виконуються в основному у режимах, що забезпечують максимальну можливу продуктивність, але від цього значно завищений показник залишкової олійності макухи на виході з пресу. Тому в магістерській дипломній роботі було вирішено провести наступні дослідження, результати яких можуть бути передані для впровадження у виробництво:

- визначення впливу вмісту лузги у ядрі перед подрібненням на вихід олії при відтисканні;
- визначення впливу режиму волого-теплової обробки під час смаження на вихід олії при відтисканні;
- визначення впливу тривалості циклу відтискання на вихід олії з пресу.

3.2 Програма досліджень

Виходячи з поставлених цілей досліджень виникає потреба у розробці програми досліджень. Вона повинна містити дані щодо порядку проведення дослідів, умовах, за яких вони будуть проводитись [7].

Під час складання програми експерименту перш за все обираються незалежні фактори, виходячи з апріорної інформації. Факторами називають змінні величини, що приймають у деякий момент часу певне значення й відповідають способам впливу на об'єкт. Вони визначають як сам об'єкт дослідження, так і його стан. Фактори можуть бути контрольованими та керованими, контрольованими некерованими й неконтрольованими, або шумами.

У випадку проведення запланованих досліджень керованій зміні будуть підлягати параметри окремих технологічних процесів пресової схеми одержання соняшникової олії, а саме:

- вміст лузги у ядрі соняшнику перед подрібненням його на вальцевому верстаті;
- гранична температура смаження м'ятки у жаровні;
- тривалість циклу відтискання мезги у пресі.

Перелічені фактори у дослідях будуть зватись керованим, решта ж умов та режимів проведення експериментів будуть по можливості наближеними до реального технологічного процесу й будуть приблизно однаковими для усіх дослідів.

Кожен фактор може приймати у досліді одне або декілька значень, які називаються рівнями варіювання фактору. При плануванні експериментів треба намагатись встановлювати рівні інтервали між рівнями. Це полегшить обчислювальну роботу й дозволить одержати під час обробки результатів більше інформації про експеримент при порівнянні середніх й при обчисленні ефектів факторів.

Перед тим, як проводити експерименти також необхідно обрати критерій оптимізації, тобто параметр, за яким оцінюється досліджуваний об'єкт й котрий пов'язує фактори у математичну модель. Правильно обраний критерій оптимізації дає досліднику чітке уявлення про мету роботи. Задача дослідника полягає у тому, щоб створенням математичної моделі мінімізувати або максимізувати критерій оптимізації шляхом відповідного підбору факторів, діючих на досліджуваний об'єкт. В якості критерію оптимізації можуть бути обрані економічний показник, що характеризує машину або технологічний процес, вихід продукту, енерговитрати й т. ін.. Треба намагатись щоб критерій оптимізації був один, мав зрозумілий фізичний смисл й кількісну оцінку. Таким чином, краще за все обрати такий критерій, який би був сукупною та вичерпною характеристикою об'єкту дослідження. У випадку планованих досліджень обрані керовані фактори відносяться до окремих технологічних операцій єдиного технологічного процесу, результатом якого є одержання єдиного контрольованого фактору – виходу олії при відтисканні на пресі. Тому загальним для усіх дослідів критерієм оптимізації обирається кількість соняшникової олії, що одержується в процесі пресування. Зрозуміло, що при проведенні досліджень шляхом підбору керованих факторів необхідно досягти максимально можливого значення критерію оптимізації, тобто виходу олії.

При плануванні експерименту вирішується питання про кількість повторювань досліді під час визначення тієї чи іншої величини, що вимірюється [17]. Для визначення кількості повторювань вимірювань необхідно задатись наступними величинами.

1. Надійність результатів досліду – α , з допомогою якої можливо встановити довірчий інтервал значень вимірюваної величини. Показник α ще називається довірчою вірогідністю, тобто вірогідністю того, що значення вимірюваної величини x не вийдуть за довірчі межі $\pm\Delta x$, що визначаються довірчою вірогідністю. За звичайних досліджень у техніці для знаходження залежностей впливу різних факторів достатня довірна вірогідність 0,7...0,9.

2. Допустимою помилкою – ε , вираженою у долях середньоквадратичного відхилення σ . З класичної теорії похибок вимірювань відомо, що результати багатократних вимірювань однієї й тієї ж величини повинні лежати в межах $\pm 3\sigma$. Тому, якщо заздалегідь невідомо у яких межах повинна змінюватись вимірювана величина, то можна для скорочення кількості повторів задатись похибкою $\pm 3\sigma$.

При визначенні усіх керованих і контрольованого факторів приймаємо довірчу вірогідність $\alpha = 0,9$ й похибку $\varepsilon = \pm 3\sigma$, де σ – середньоквадратичне відхилення результатів дослідів. Згідно [17] необхідна кількість повторень дослідів за таких умов складає 2.

На основі прийнятих умов проведення дослідів складаємо матрицю експерименту, таблиця 3.1.

Таблиця 3.1

Матриця експериментальних досліджень

Позначення	Фактор			Критерій оптимізації
	Вміст лузги у ядрі, %	Температура смаження, С	Тривалість циклу відтискання, с	Вихід олії, г
	x_1	x_2	x_3	y
Верхній (5-й) рівень (+2)	23	120	180	
4-й рівень (+1)	18	110	–	
3-й рівень (0)	13	100	–	
2-й рівень (-1)	8	90	–	
Нижній (1-й)	3	80	120	

рівень (-2)				
План дослідів:				
1	-2	-2	-2	
2	-2	-1	-2	
3	-2	0	-2	
4	-2	+1	-2	
5	-2	+2	-2	
6	-1	-2	-2	
...	
50	+2	+2	+2	

3.3 Вихідні компоненти для проведення досліджень

Технологічна схема виробництва пресової соняшникової олії передбачає використання сировиною насіння соняшнику, що відповідає вимогам ГОСТ 22391-89 «Подсолнечник – требования при заготовках и поставках».

Таблиця 3.2

Обмежувальні норми для насіння соняшнику, що поставляється на переробку
(згідно ГОСТ 22391-89)

Найменування показника	Норма
Вологість, %:	
не менше	6,0
не більше	8,0
Смітна домішка, %, не більше	3,0
у тому числі насіння рицини	Не допускається
Олійна домішка, %, не більше	7,0
Кислотне число олії, мг КОН, не більше	5,0

Насіння соняшнику, що буде використовуватись при проведенні дослідів заздалегідь перевірене за необхідними показниками згідно ГОСТ 10856-96 «Определение влажности», ГОСТ 10854-88 «Определение сорной и масличной примеси», ГОСТ 26597-85 «Определение кислотного числа масла в семенах» й має показники, таблиця 3.3.

Таблиця 3.3

Основні показники дослідного насіння соняшнику

Найменування показника	Норма
Вологість (Wп), %:	6,2
Смітна домішка, %	0,5
у тому числі насіння рицини	Не виявлено
Олійна домішка, %	0
Кислотне число олії, мг КОН	4,2
Олійність, %	46,9
Натурна маса, кг/м ³	393

Згідно табл. 3.3 насіння, що буде використовуватись у дослідях за всіма показниками відповідає ГОСТ 22391-89.

3.4 Обладнання та методи проведення експериментальних досліджень

Плановані експериментальні дослідження мають на меті дослідження впливу визначених вище технологічних аспектів виробництва пресової соняшникової олії, тому вони мають якомога більше співпадати з реальною технологічною схемою. Звідси, необхідно у лабораторних умовах відтворити усі технологічні операції, що передбачені технологічною схемою.

Операцію очищення насіння від сторонніх домішок у дослідженнях відкидаємо, так як початкове насіння соняшнику вже практично повністю очищене (загальний вміст домішок 0,5%).

Операції обрушування та відділення лузги від ядра проводяться заздалегідь на виробничій лінії Агрофірми «Батьківщина», за відсутності лабораторного обладнання, що може імітувати ці операції. Але, так як регулювання відповідного обладнання на підприємстві не дозволяє одержати повне відділення лузги від ядра (вміст лузги у суміші складає 12,8%), частково одержана суміш додатково просівається вручну на лабораторних ситах. В результаті одержується повністю чисте ядро насіння соняшнику.

Для того, щоб одержати перед подрібненням наважку суміші ядра із керованим вмістом лузги, проводимо змішування одержаного чистого ядра з цілим необрушеним насінням у кількостях, що визначаються за формулами: кількість цілого насіння:

$$H = L_c \cdot m / L_n, \text{ г} \quad (3.1)$$

де H – вага цілого насіння соняшнику, г;

L_c – заданий вміст лузги у суміші, %;

m – вага наважки суміші із заданим вмістом лузги (приймаємо $m = 100\text{г}$), г;

L_n – лузжистість насіння, %.

кількість чистого ядра:

$$Y = m - H, \text{ г} \quad (3.2)$$

де Y – вага ядра насіння соняшнику, г.

Розрахунок для лузжистості суміші 3%:

$$H = \frac{3 \cdot 100}{23} = 13 \text{ г}$$
$$Y = 100 - 13 = 87 \text{ г}$$

Таким чином, для одержання 100г наважки суміші ядра із вмістом лузги 3% необхідно змішати 13г цілого насіння і 87г чистого ядра. Результати розрахунків для решти прийнятих значень вмісту лузги у суміші наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Співвідношення цілого насіння та чистого ядра при створенні 100г наважки суміші ядрі із заданим вмістом лузги

Показник	Вміст лузги у суміші, %				
	3	8	13	18	23
Вага цілого насіння, г	13,0	34,8	56,5	78,3	100,0
Вага чистого ядра, г	87,0	65,2	43,5	21,7	0,0

Зважування компонентів суміші й решту зважувань в процесі проведення експериментальних досліджень проводимо лабораторними електронними вагами «Scout Pro», що мають межу вимірювання 200г й точність вимірювання до 0,01г.



а



б



в

а – зовнішній вигляд; б – зважування цілого насіння соняшнику;
в – зважування чистого ядра соняшнику

Рис. 3.1 – Проведення робіт з вагами лабораторними електронними «Scout Pro»

Одержану суміш ядра із заданим вмістом лузги згідно прийнятої технології далі необхідно подрібнити для одержання м'ятки з величиною гранул на більше 3,5мм. Для цього наважку висипаємо до фарфорової ступки й розминаємо вручну.



Рис. 3.2 – Подрібнення суміші ядра у фарфоровій ступці

Далі необхідно провести волого-термічну обробку одержаної м'ятки. Зволоження м'ятки до технологічно рекомендованої вологості (згідно пункту 2.4 вологість м'ятки на початку процесу смаження повинна довестись до $W = 10\%$) рівномірно додаємо у м'ятку воду.



Рис. 3.3 – Визначення вологості насіння соняшнику експрес-вимірювачем «HE lite»

Кількість води, яку необхідно додати до м'ятки (m_B) визначаємо виходячи з її початкової вологості (згідно табл. 3.3 $W = 6,2\%$) за формулою:

$$m_B = (W - W_n) \cdot m / 100, \text{ г} \quad (3.3)$$

де m_B – необхідна кількість води, г;

W – рекомендована вологість м'ятки на початку процесу смаження, %;

$W_{п}$ – початкова вологість м'ятки, %;

m – прийнята вага наважки, г.

$$m_B = \frac{(10 - 6,2) \cdot 100}{100} = 3,8 \text{ г}$$

Щоб покращити розподіл води у м'ятці після її додавання проводимо додаткове розминання та перемішування суміші.

Для імітування у лабораторних умовах теплового впливу жаровні використовуємо НВЧ піч. Використання такого методу смаження м'ятки дозволить вирішити цілу низку технологічних питань, пов'язаних з цим процесом, а саме:

- 1) значно прискорить процес смаження завдяки більш інтенсивному тепловому впливу хвиль надвисокої частоти;
- 2) відсутність власне нагрівального елемента дозволить уникнути підгоряння контактуючих з ним шарів м'ятки, тому відпадає необхідність постійного її перемішування;
- 3) вплив хвиль надвисокої частоти полягає у розігріванні лише води, яка міститься у м'ятці, тому відбувається більш рівномірне смаження м'ятки й швидше зменшення її вологості.

Однак використання у якості жаровні НВЧ печі призводить до певного ускладнення, а саме: існуюча конструкція печі не дозволяє чітко встановити межу нагрівання матеріалу. Конструкцією печі передбачено регулювання потужності опромінення (згідно технічної характеристики печі від 100 до 800Вт) й тривалості опромінюючого впливу (згідно технічної характеристики печі до 35хв). Звідси виникає можливість встановивши певну потужність опромінення експериментально-дослідним шляхом визначити необхідну тривалість нагрівання м'ятки до заданої температури.

Задаємось потужністю опромінення печі 400Вт й розмістивши в ній підготовлений зразок м'ятки встановлюємо тривалість смаження на 180с. Перед тим як проводити смаження м'ятки, необхідно пересипати її до широкої пластикової ємності (матеріал ємності повинен витримувати відповідне нагрівання) й розподілити рівним шаром за допомогою лабораторної лопатки.



Рис. 3.4 – Переміщення м'ятки до пластикової ємності перед смаженням



Рис. 3.5 – Розміщення ємності з м'яткою у НВЧ печі

Після того, як смаження завершилось швидко виймаємо зразок з печі й занурюємо у середину шару м'ятки термометр.

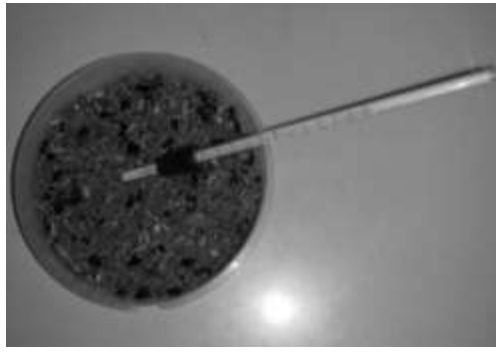


Рис. 3.6 – Визначення температури мезги по завершенню смаження

Для більшої достовірності проводимо дослід ще раз й знаходимо середнє значення кінцевої температури м'ятки після смаження (t_K):

$$t_K = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ei}}{n}, ^\circ C \quad (3.4)$$

де n – кількість повторень вимірювання.

$$t_K = \frac{82 + 84}{2} = 83^\circ C$$

Так як потужність випромінювача під час нагрівання не змінюється, то з одержаних даних можна визначити швидкість нагрівання м'ятки за формулою:

$$V_t = (t_K - t_n) / T, \text{ град/с}; \quad (3.5)$$

V_t – швидкість нагрівання м'ятки, град/с;

t_K, t_n – відповідно кінцева й початкова температура м'ятки після і до нагрівання у печі (початкова температура м'ятки дорівнює температурі оточуючого середовища $21^\circ C$), $^\circ C$;

T – тривалість смаження м'ятки у печі, с.

Звідси:

$$V_t = (83 - 21) / 180 = 0,34 \text{ град/сек.}$$

Знаючи швидкість нагрівання м'ятки можна визначити тривалість її смаження до заданої кінцевої температури перетворивши формулу (3.5):

$$T = V_t \cdot (t_k - t_n), \text{ c} \quad (3.6)$$

Результати розрахунків для різної кінцевої температури смаження м'ятки у печі зображено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Тривалість смаження м'ятки у НВЧ печі при потужності випромінювача 400Вт й заданій кінцевій температурі

Показник	Кінцева температура м'ятки, °С				
	80	90	100	110	120
Тривалість смаження, с	20	24	27	31	34

Застосовуючи одержані дані проводимо смаження зразку м'ятки.

На цьому підготовка сировини до відтискання завершується й необхідно проводити власне відтискання олії на пресі. Режим роботи шнекового пресу складається з сукупності наступних основних факторів: тиску на мезгу і тривалості її перебування під цим тиском. Зростаючий від входу до виходу тиск у шнековому пресі створюється за рахунок підпору сировини, що подається та зменшення робочого об'єму між шнеком та зерним циліндром. Таким чином, якщо виділити з об'єму мезги, що пресується певної елементарної частини й прослідкувати за її станом упродовж циклу відтискання, то можна побачити, що вона постійно зменшується у об'ємі, виділяючи при цьому олію. А якщо ще відкинути обертовий і поступовий рух цієї частини, який в основному необхідний для

надання процесу безперервності, то можна замінити усю сукупність дій над цією частиною лише її стисканням.

Виходячи зі сказаного вище імітація технологічного процесу відтискання буде виконуватись з використанням пресу гідравлічного лабораторного ПГЛ-1 (рис. 3.7).

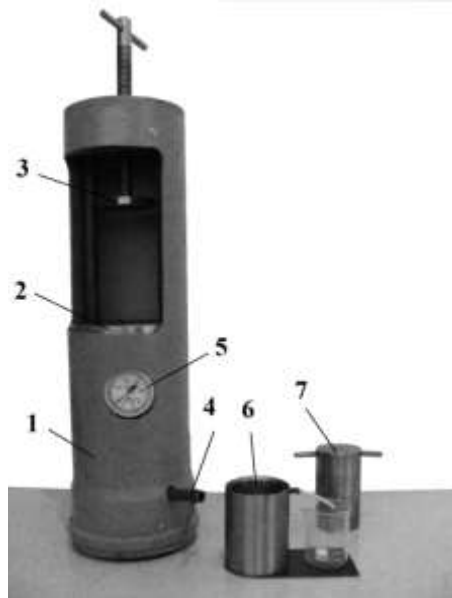


Рис. 3.7 – Прес гідравлічний лабораторний ПГЛ-1

Прес складається з корпусу 1, у якому знаходиться циліндр з насосом і поршень, встановлений манометр 5, розрахований на тиск до 24,5 МПа (250 кгс/см²), запобіжний клапан, вентиль зниження тиску та дві стійки з рухомими плитами (платформами) – верхньою 3 та нижньою 2. На передній стінці корпусу справа розташована рукоятка вентиля для зниження тиску 4, у задній стінці – зроблено отвір, куди вставляється важіль яким здійснюється нагнітання масла в робочий циліндр насоса.

Над корпусом преса знаходиться рукоятка верхнього гвинтового поршня преса, який являє собою металічну циліндричну пластину на ходовому гвинті. Даний поршень служить для примусового опускання нижньої опорної плити по закінченні пресування та зниження тиску масла в робочому циліндрі, а також для регулювання робочої висоти пресування.

Також до комплекту обладнання пресу входить циліндр з відвідною трубкою і робочою площиною 6 та поршень 7.

Для проведення відтискання олії з попередньо підготовленої мезги пересипаємо її до циліндру.



Рис. 3.8 – Закладання просмаженої мезги до робочого циліндру пресу

Зверху у циліндр вставляємо поршень. Розміщуємо одержану конструкцію у просторі між верхньою та нижньою платформами пресу, для чого відводимо верхню платформу вгору на висоту, достатню для входження циліндра з поршнем. Опускаємо верхню платформу до доторкання з поршнем.



Рис. 3.9 – Встановлення робочого циліндру з мезгою до лабораторного пресу

Рукояткою закриваємо вентиль зниження тиску. Для збору відпресованої олії встановлюємо на робочу площадку циліндру під відвідну

трубку склянку. Вставляємо важіль для нагнітання масла насосу у відповідний отвір та поступово збільшуємо тиск до робочого. Робочий тиск для лабораторного пресу ПРЛ-1 згідно технічної характеристики складає 18 МПа (180 кгс/см²). Тривалість нагнітання до робочого тиску відповідає тривалості циклу відтискання у шнековому пресі, що використовується на базовому підприємстві, тобто або 120с, або 180с. Час відтискання контролюється секундоміром. При досягненні робочого тиску нагнітання масла насосу припиняється й поступово рукояткою відкриваємо вентиль зниження тиску.

Одержану кількість олії зважуємо на електронних вагах враховуючи вагу місткості.



Рис. 3.10 – Зважування одержаної при відтисканні олії

Результати зважування заносимо до останнього стовпчику матриці експерименту у строчку, яка відповідає умовам проведення дослідження. Після скидання тиску у насосі лабораторного пресу виймаємо робочий циліндр з поршнем, розбираємо та очищуємо від макухи.



Рис. 3.11 – Розібраний робочий циліндр по закінченню циклу відтискання

3.5 Результати експериментальних досліджень процесу відтискання соняшникової олії. Визначення оптимальних значень досліджуваних технологічних аспектів

В результаті проведення експериментальних досліджень по визначенню впливу визначених технологічних аспектів виробництва соняшникової олії методом пресування на величину виходу олії були одержані дані, занесені до матриці експерименту табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Матриця експериментальних досліджень

Позначення	Фактор			Критерій оптимізації
	Вміст лузги у ядрі, %	Температура смаження, С	Тривалість циклу відтискання, с	Вихід олії, г
	X ₁	X ₂	X ₃	Y
Верхній (5-й) рівень (+2)	23	120	180	
4-й рівень (+1)	18	110	—	
3-й рівень (0)	13	100	—	
2-й рівень (-1)	8	90	—	

Нижній (1-й) рівень (-2)	3	80	120	
План дослідів:				
1	-2	-2	-2	26,78
2	-2	-1	-2	27,10
3	-2	0	-2	27,51
4	-2	+1	-2	27,91
5	-2	+2	-2	28,36
6	-1	-2	-2	26,33
7	-1	-1	-2	26,75
8	-1	0	-2	27,13
9	-1	+1	-2	27,55
10	-1	+2	-2	27,97
11	0	-2	-2	25,52
12	0	-1	-2	25,74
13	0	0	-2	26,03
14	0	+1	-2	26,47
15	0	+2	-2	26,81

Продовження таблиці 3.5

Позначення	Фактор			Критерій оптимізації
	Вміст лузги у ядрі, %	Температура смаження, С	Тривалість циклу відтискання, с	Вихід олії, г
	x ₁	x ₂	x ₃	y
План дослідів:				
16	+1	-2	-2	22,97
17	+1	-1	-2	23,47
18	+1	0	-2	23,82
19	+1	+1	-2	24,03
20	+1	+2	-2	24,25
21	+2	-2	-2	21,87
22	+2	-1	-2	22,11
23	+2	0	-2	22,64
24	+2	+1	-2	22,81
25	+2	+2	-2	23,02
26	-2	-2	+2	30,97
27	-2	-1	+2	31,53
28	-2	0	+2	31,86

29	-2	+1	+2	32,02
30	-2	+2	+2	32,49
31	-1	-2	+2	30,51
32	-1	-1	+2	30,86
33	-1	0	+2	31,27
34	-1	+1	+2	31,76
35	-1	+2	+2	31,98
36	0	-2	+2	28,89
37	0	-1	+2	29,13
38	0	0	+2	29,62
39	0	+1	+2	30,03
40	0	+2	+2	30,57
41	+1	-2	+2	27,03
42	+1	-1	+2	27,44
43	+1	0	+2	27,85
44	+1	+1	+2	28,11
45	+1	+2	+2	28,53

Продовження таблиці 3.5

Позначення	Фактор			Критерій оптимізації
	Вміст лузги у ядрі, %	Температура смаження, С	Тривалість циклу відтискання, с	Вихід олії, г
	x ₁	x ₂	x ₃	y
План дослідів:				
46	+2	-2	+2	25,88
47	+2	-1	+2	26,08
48	+2	0	+2	26,52
49	+2	+1	+2	26,86
50	+2	+2	+2	27,13

Таким чином з огляду на одержані дані табл. 3.5 бачимо, що найбільший вихід соняшникової олії (32,46г з 100г сировини) відбувається при найменшому з досліджуваних вмісті лузги у м'ятці (3%), найвищій

кінцевій температурі смаження мезги (120°C) й при тривалішому циклі відтискання на пресі (180с).

Висновки

У третьому розділі дипломної роботи описано проведення експериментальних досліджень по визначенню впливу таких технологічних аспектів виробництва соняшникової олії пресовим методом, як міст лузги у суміші ядра перед подрібненням, кінцева температура смаження мезги та тривалість циклу відтискання мезги у пресі. Проведено підготовчі та планувальні роботи. Детально описано проведення експериментальних досліджень й викладено їх результати.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Забезпечення населення якісними продуктами харчування є головною метою переробної галузі сільського господарства. Впровадження нових та вдосконалення існуючих виробничих ліній дозволяє виконувати це завдання.

У даній дипломній роботі було проведено аналіз технологічних факторів виробництва соняшникової олії пресовим способом. Не дивлячись на малу ефективність, цей спосіб й досі лишається досить поширеним серед малопродуктивних місцевих олійниць.

Під час проведення аналізу роботи машин і обладнання її виробничої лінії було встановлено вірогідну невідповідність режимів їх роботи. Для обґрунтування пред'явлених припущень було проведено теоретичні й експериментальні дослідження, які їх підтвердили. Детально описано проведення експериментальних досліджень й викладено їх результати.

Проведено розрахунок математичної моделі залежності впливу досліджуваних факторів на вихідний. На основі одержаних висновків по дослідженнях розроблено ряд практичних заходів з модернізації існуючих виробничих ліній.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ільченко Л.Б., Вечірко О.Г. Сучасний розвиток олійно-жирової промисловості Вінницької області // Науково-виробничий журнал. Інноваційна економіка.– 2014, №6 [55] –С.159-163.
2. Бурдо О.Г. Буйвол С.М. Бандура В.М. Энергетическая стратегия развития агропромышленного комплекса в условиях кризиса. Academia de stiinte a Moldovei institutul de energetica. Problemele energeticii regionale. Revista stiintifica, informational-analitica si inginereasca. № 1 (9)2009, Chisinau, 2009. 7-12с.
3. Бандура В.М. Перспективи комбінованих методів переробки олійних культур. Зб.наук. пр. Вінницького національного аграрного університету. Вип. 8. Серія: Технічні науки. Вінниця, 2011. С.32-36.
4. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник /За ред. проф. І. Ф. Малежика. К.: НУХТ, 2003. - 400 с.
5. Утилизация отходов пищевых производств: Сб. науч. ст. / П. И. Осадчук, В. В. Шведов, П. И. Светличный, А. К. Войтенко / ОЦНТИ. Перспективные направления развития экологии, экономики, энергетики - О., 1999. -С. 140-146.
6. Бандура В.М., Марчак Т.В., Романов М.О., Жегалюк О.В. Аналіз методів екстрагування для збільшення кількості та підвищення якості олії, вилученої з олійного насіння.//Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрації в техніці та технологіях».–2011, №1 (61).–С.106-109.
7. Робертсон Д. Структура и функции клетки. - М.: Мир, 1980. - 159 с.
8. Барбарич А. І., Дубровик О. М., Стрелко Д. В. Жироолійні рослини України. - К.: Наук. думка, 1973. - С. 68.
9. Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств / В.Н. Стабников, В.М. Лысянский, В.Д. Попов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 503 с.
10. Бандура В.М. Енергоефективні технологічні процеси переробки

олійних культур. Наукові праці ОНАХТ. Випуск 39, Том 2, Одеса 2011. С.234-240.

- 11.Рогов И.А. Техника сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов / Рогов И.А., Некрутман С.В., Лысов Г.В. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 199 с.
- 12.Бурдо О.Г., Бандура В.Н., Ружицька Н.В., Яровой И.И. Энергетика пищевых нанотехнологий//Щоквартальний науково-практичний журнал. «Інтегровані технології та енергозбереження».-2012, №3. – С.11-15.
- 13.Калинин Л.Г. Научно-технические аспекты широкого применения микроволновых технологий. Состояние вопроса, проблемы, решения // Мікрохвильові технології в народному господарстві: Впровадження.Проблеми. – Одеса: ОНАХТ. – 2006. – С. 62-68.
- 14.Бурдо О.Г. Энергетична ефективність харчових нанотехнологій / О.Г. Бурдо, Г.М. Ряшко // Сб. науч. трудов Международной науч.-техн. конф. «Энергоэффективность 2004», 13-16 октября, 2004. – Одесса. – С. 191-195.
- 15.Бандура В.М., Коляновська Л.М. Інтенсифікація масоперенесення в екстрагуванні рослинних олій// Інтегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал – Харків: НТУ «ХТІ», 2013.–№2.– С.144-147.
- 16.Бурдо О.Г.,Бандура В.Н.,Ружицкая Н.В. Принципы адресного подвода энергии при переработке пищевого сырья// Інтегровані технології та енергозбереження. Щоквартальний науково-практичний журнал – Харків: НТУ «ХТІ», 2014.–№4.– С.79-85.
- 17.Азаров Б. М, Аурих Х. и др. Технологическое оборудование пищевых производств / Под ред. Б. М. Азарова. – М: Агропромиздат, 1988. – 462с.
18. Соколов В. И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств. – М.: Машиностроение, 1983. – 447 с.: ил.

19. Харламов С. В. Практикум по курсу “Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств”. [Учебное пособие для вузов]. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отд., 1971. – 200 с.
20. Гаврилюк В.М. Сучасний стан та шляхи оптимізації сировинної бази оліє-жирового комплексу.// Економіка АПК. – 2007, № 3 – С. 7-9.
21. Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. – Вінниця: Нова книга, 2001, - 576 с.
22. Колесник А.Л., Шаманский В.Г. Курсовое и дипломное проектирование предприятий по переработке масляных семян. – М.: Колос, 1983. – 320 с.
23. Подпратов Г.І., Скалецька Л.Ф. та ін. Зберігання і переробка продукції рослинництва / Навчальний посібник. – К.: Мета, 2002. – 495с.
24. Федоров Н.Е. Методы расчетов процессов и аппаратов пищевых производств. – М.: Пищевая промышленность, 1996. – 292с.
25. Чубинидзе Б.Н., Паронян В.Х., Луговой А.В. и др. Оборудование предприятий масло-жировой промышленности. – Л.: Агропромиздат, 1993. – 361с.
26. Гавриленко И.В. Оборудование для производства растительных масел. – М.: Пищевая промышленность, 1972.- 312 с.
27. Лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»; [учеб. Пособие для вузов / Гинзбург А.С., Михаев Н.С., Бабьев Н.Н. и др.], под ред. Гинзбурга, - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 271 с.
28. Лонцин М., Мерсон Р. Основные процессы пищевых производств: Пер. с англ.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 384 с.
29. Гаврилюк В.М. Сучасний стан та шляхи оптимізації сировинної бази оліє-жирового комплексу./ 2010. № 2, с. 7-9.
30. Технологическое оборудование производства растительных масел. В.А. Масликов. - М.: Пищевая промышленность, 1974.-295с.
31. Масликов В.А. Примеры расчётов оборудования производства

- растительных масел. М., Пищепромиздат, 1969. - 224с.
- 32.Голдовский А.М. Теоретические основы производства растительных масел. – М.: Пищепромиздат, 1968, – 446с.
- 33.Колпаков И.П. Руководство по эксплуатации шнековых прессов ФП и ЕП при переработке семян подсолнечника. М., Пищепромиздат, 1961, 127с.
- 34.Бурдо О.Г.,Терзиев С.Г., Бандура В.Н. Принципы направленного энергетического действия в пищевых нанотехнологиях.// Проблемы региональной энергетики. Вып.1(27).Институт энергетики Академии наук Молдовы.–2015.– С.79-85.
- 35.Руб Д.М. О величине зазорных щелей и уплотнение материала в шнековых прессах.М.:Пищевое машиностроение, 1959, №14 и 15.
36. Масликов В.А. Упругие свойства мезги и работа затрачиваемая на её сжатие.-“Известия вузов. Пищевая технология.”, 1972, №2, С.128.
- 37.Каталог. Машины и оборудование, приборы и средства автоматизации для перерабатывающих отраслей АПК, т.1.2, Часть 1.- М.:Машиностроение, 1990.
- 38.Жемела Г. П., Шемавньов В. І., Олексик О. М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Підручник. – Полтава: 2003. – 420 с.
- 39.Технология производства растительных масел./В. М. Копейковский и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 416 с.
- 40.Пешук Л.В., Носенко Т.Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини. – К.:Центр учбової літератури, 2011.– 295с.
- 41.Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел. – М.: Легкая и пищевая промышленность,1984.–144с.
42. Руководство по технологии получения и переработке растительных масел и жиров / Под ред.А.Г.Сергеева и др. – Л.:ВНИИЖ.–т.II,1973,350с.,т.III, кн.1,1983,288с., т.III, кн.2,1977, 351 с.,т.IV, 1975,544с., т.V,1981,296с., т.VI, 1989,360с.

